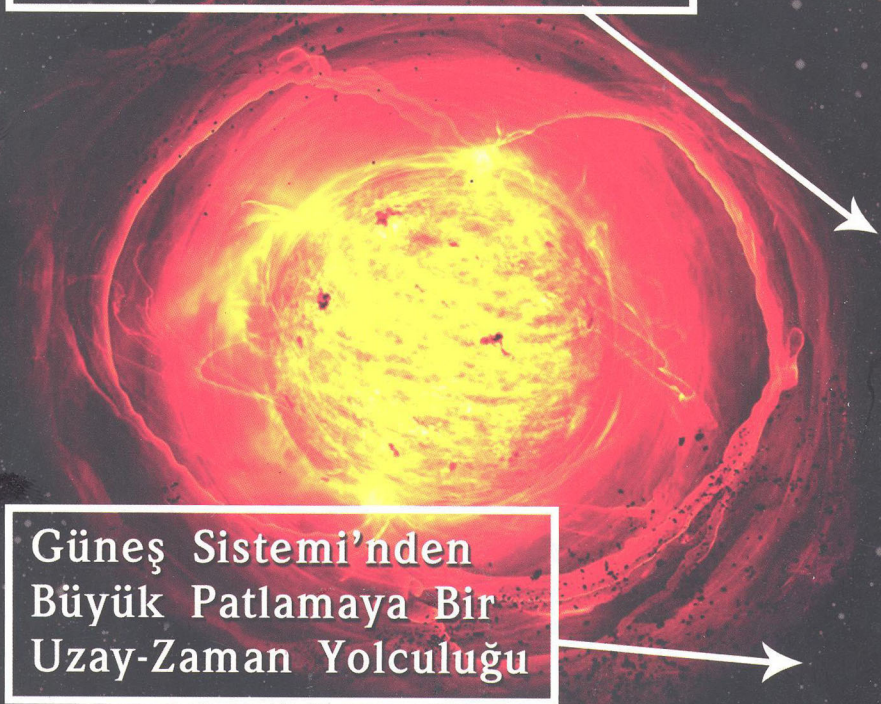
CHRIS IMPEY

EVRENİN DOĞUŞU

SAY

EVRENİN DOĞUŞU



Güneş Sistemi'nden Büyük Patlamaya Bir Uzay-Zaman Yolculuğu

CHRIS IMPEY

SAY

EVRENİN DOĞUŞU

Güneş Sistemi'nden Büyük Patlamaya Bir Uzay-Zaman Yolculuğu

Chris Impey

Tucson'daki Arizona Üniversitesi Astronomi Bölümü'nde profesör olarak görev yapmaktadır. Saygın bir araştırmacı ve ödül kazanmış bir öğretim üyesi olan Impey aralarında *How It Ends* adlı eserinin de bulunduğu beş popüler bilim kitabının yazarıdır. Tucson'da yaşamaktadır.

EVRENİN DOĞUŞU

Güneş Sistemi'nden Büyük Patlamaya Bir Uzay-Zaman Yolculuğu

Chris Impey

İngilizceden çeviren:
Orhan Düz

say

Say Yayınları
Popüler Bilim Dizisi

Evrenin Doğuşu – Güneş Sistemi'nden Büyük Patlamaya Bir Uzay-Zaman Yolculuğu / Chris Impey
Özgün adı: *How It Began: A Time Traveller's Guide to the Universe*

© 2012 Chris Impey
Bu kitabın İngilizce orijinali ABD'de W. W. Norton & Company Inc. tarafından yayımlanmıştır.

Türkçe yayın hakları Akcalı Ajans aracılığıyla © Say Yayınları
Bu eserin tüm hakları saklıdır. Yayınevinden yazılı izin alınmaksızın kısmen veya tamamen alıntı yapılamaz, hiçbir şekilde kopyalanamaz, çoğaltılamaz ve yayımlanamaz.

ISBN 978-605-02-0389-9
Sertifika no: 10962

İngilizceden çeviren: Orhan Düz
Yayın koordinatörü: Levent Çeviker
Editör: Sinan Köseoğlu
Sayfa düzeni: Tülay Malkoç
Kapak tasarımı: Artemis İren

Baskı: Lord Matbaacılık ve Kâğıtçılık
Topkapı/İstanbul
Tel.: (0212) 674 93 54
Matbaa sertifika no: 22858

1. baskı: Say Yayınları, 2014

Say Yayınları
Ankara Cad. 22/12 • TR-34110 Sirkeci-İstanbul
Telefon: (0212) 512 21 58 • Faks: (0212) 512 50 80
www.sayyayincilik.com • e-posta: say@sayyayincilik.com
www.facebook.com/sayyayinlari • www.twitter.com/sayyayinlari

Genel Dağıtım: Say Dağıtım Ltd. Şti.
Ankara Cad. 22/4 • TR-34110 Sirkeci-İstanbul
Telefon: (0212) 528 17 54 • Faks: (0212) 512 50 80
internet satış: www.saykitap.com • e-posta: dagitim@saykitap.com

İÇİNDEKİLER

Önsöz 7

I YAKIN

1 Doğumda Ayrılık 15
2 Gezegenlere Yolculuk 37
3 Uzak Dünyalar 61
4 Yıldız Yuvası 89
5 Karanlığın Kıyısı 117

II UZAK

6 Ada Evren 145
7 Kozmik Yapı 169
8 Nükleer Güç 195
9 Galaksilerin Büyümesi 219
10 Işık ve Hayat 247

III YABANCI

11 Büyük Patlama 273
12 Beyaz Isı 301
13 Neden Yokluk Değil de Varlık Var? 327
14 Birleşme ve Şişme 351
15 Çoklu Evren 377

Notlar 405
Görsel Kaynakça 465
Dizin 467

Bir labirentler labirentiydi düşündüğüm, geçmişle geleceği kuşatacak ve bir yolunu bulup yıldızları içine alarak yılan gibi kıvrıla kıvrıla yayılacak bir labirent.

— Jorge Luis Borges

Başlangıçta başla ve sona gelene kadar ilerle; sonra dur.

— Lewis Carrol

Senin zihnin, bu bilinç küresi yıldızlı bir evrendir. İleriye adım attığında önüne binlerce yeni yol açılır.

— Rumi

ÖNSÖZ

Nereden geliyoruz? Gündelik hayatın koşuşturmacası içinde bazen durup bu soruyu kendimize sormalıyız. Anne babamızın ve onlardan önce yaşamış atalarımızın genetik ürünü olduğumuzu hemen belirtip nerede doğduğumuzu söyleyerek soruya kolaycı bir cevap verebiliriz. Ama asıl bu noktadan sonra iş çetrefil bir hal almaktadır.

Bulunduğumuz durumu giderek daha geniş bir çerçevede değerlendirip "biz"e kadar uzanan serüvene dair sorular sorabiliriz. Dünya, diğer gezegenlerle birlikte Güneş'i de oluşturan bir gaz bulutunun yoğunlaşmasından doğmuştur. Köklerimizin hikâyesi, bizi oluşturan atomların 4,5 milyar yıldan daha uzun bir süre önce, şiddetli nükleer tepkimelerle birleşmesinin ve pek çok yıldız kuşağının çekirdeğinden geçerek günümüze ulaşmasının öyküsüdür. Bu, sönüp gitmiş binlerce yıldızın ve bundan daha fazla atomik serüvenin bizi vücuda getirişinin öyküsüdür.

Sonraki büyük aşama ise Samanyolu dediğimiz yıldızlar topluluğu ve görünür evrene saçılmış benzer yüz milyarlarca galaksidir. Tıpkı Samanyolu'nda veya Dünya dediğimiz doğurgan gezegeni meydana getiren süreçlerde olduğu gibi, muhtemelen bu galaksilerin her birinde de yaşanabilir milyonlarca dünya bulunmakta ve sayısız biyolojik deney gerçekleşmektedir. Uzayın muazzam genişliği başka dünyaları keşfetmeye ve yalnız olup olmadığımızı anlamaya çalışan bizlere meydan okumaktadır.

Kadifemsi bir gecede galaksiler sessizce birbirinden uzaklaşırken evrenin daha küçük, daha sıcak ve daha yoğun olduğu bir zamana işaret ederler. Evrenin ayrı ayrı tüm öğeleri (her bir insan, her bir gezegen, her bir yıldız ve her bir galaksi) vaktiyle büyük patlama esnasında birbirine sıkıca bağlıydı. Bütün kozmik öyküler bir uzay-zaman zerresinde birleşiyordu. Vücudumuzu oluşturan atomlar diğer bütün atomlarla tarifsiz bir yakınlık içindeydi. Bu yaratılış anı 13,7 milyar yıl önce yaşandı.

Kozmolojinin ufku, büyük patlamayı olabildiğince yakından incelemeyi içerir. Evrenimizin iki ana unsuru olan kara madde ve kara enerji hâlâ gizemini koruduğundan kozmologlar bunları anlayıp mikroskobik fiziğin kuramlarıyla uyumlu hale getirmeyi ummaktadırlar. Ayrıca gözlemlenebilir evrenimizin zenginliğinin çoklu evren denilen labirentler labirentinin bir parçası olduğu yolunda bir düşünce de ileri sürülmektedir.

* * *

Bu kitap evren nasıl oluştu sorusuna cevap aramaktadır. Jeolojik açıdan aktif bir gezegen olan Dünya, oluşumunun izlerinin çoğunu nasıl sildiyse, devingen evren de oluşumunun bütün kanıtlarını öyle sileceğe benziyor. Eğer büyük patlamaya tanıklık eden biri yoksa evrenin öyküsünü nasıl anlatabiliriz ki?

Kozmik arkeoloji uzayın genişliğine ve ışık hızının sonlu oluşuna dayanır. Geçmişi görmek için uzaya bakmamız yeter. Işık Dünya'yı bir anda, Güneş Sistemi'ni ise iki saatte kat eder, ama en yakın galaksiden bize ulaşması milyonlarca, en uzak galaksiden bize ulaşması ise milyarlarca yıl alır. Astronomlar eski ışığı yakalamak, yıldızların ve galaksilerin oluşumunu görmek ve erken evrenin bilinmedik koşullarına dikkatle bakmak için teleskobu kullanarak oturdukları yerde zamanda yolculuk eden gezginlerdir.

Bu kitap zaman gezgininin galaksi rehberidir. Kitabın anlatısı dışa açılarak uzayda dolaşırken, zamanda da geriye gitmekte ve eşit oylumlu üç kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım, uzayda üzerinde insanın ayak izi bulunan Dünya'dan başka tek cisim olan Ay ile yakın evreni işlemektedir. Sonra Jüpiter ve uydularına uzanıp, uzayı doğrudan keşfimizin sınırında yatan, Güneş Sistemi'nin dış bölgesindeki egzotik ve belki yaşanılabilir dünyalara açılırız. Sonraki aşama en yakın yıldız sistemi olan Proxima Centauri'dir. Astronomlar Dünya'nın biricik olup olmadığını merak ederler, bu nedenle uzak gezegenleri ararlar; bunu, bu gezegenleri doğuran yıldızlardan gelen ışığın yalpalamasına bakarak, gezegenlerin yıldızlar üzerine düşürdükleri gölgenin hareketlerini izleyerek yaparlar. Sonra bin ışık yılından daha ötede olan Orion nebulasına yol alırız. Burada yeni yıldızlar gaz ve toz bulutu perdesinin arkasından hayata göz kırparlar. Samanyolu'ndaki son durağımız bizim yıldız sistemimizin merkezidir. Kütleçekimi orada ışığı öylesine sıkı tutar ki ışık hiçbir yere kaçamaz. Teleskobun ucunda uçsuz bucaksız deryanın kenarında Güneş'ten milyonlarca kat daha büyük bir kara delik görürüz.

Kitabın ikinci kısmı en yakın galaksiden evrenin ilk yıldızına uzanan uzak evreni incelemektedir. Bu yolculuk görünür evrenin yüzde 99'unu ve büyük patlamadan itibaren geçen zamanın yüzde 99'unu kapsamaktadır. Önce Samanyolu'nun tıpatıp aynısı olan Andromeda, sonra da bünyesindeki galaksileri kara madde sayesinde bir arada tutan Saç Galaksi Kümesi çıkıyor karşımıza. Sonraki iki bölüm, küçük parçaları bir araya getirerek galaksiler ve onların merkezlerinde de dev kara delikler oluşturmuş büyük oluşum projesini ele alıyor. Bu kısım ışığın ve hayatın hikâyesinin başlangıcıyla, yıldızların genişleyen gazın katılaşmasıyla oluştuğu zamanla sona eriyor.

Keşif yolculuğumuzu bebek evrenin gizemli âleminin keşfiyle bitiriyoruz. Büyük patlamanın kanıtları, ötesinde yeni

doğmuş, nüfuz edilemez bir sisin bulunduğu mikrodalgalarla çekilmiş ayrıntılı bebek resimlerine dayanmaktadır. Işık olabildiğince hızlı yol alsa da son sürat genişleyen evrene yetişemez. Daha eski dönemlere ait elimizdeki kanıtlar dolaylıdır. Büyük patlamayla ilgili araştırmamızda bütün evrenin bir füzyon reaktörü olduğu bir zamanda, maddenin saf enerjiden yaratıldığı ve doğanın kuvvetlerinin birleştiği bir zamanda, duraksarız. Yol boyunca ve anlatımızın seyri içinde, bazıları yetersiz kanıt kırıntılarıyla kozmik tarihi yeniden yazan, bazıları da spekülasyonda sınır tanımadan çalışan ve türlü tuhaf hurafelere inanan kozmologlarla karşılaşacağız. Sonunda tavşan deliğinin ne kadar derin olduğunu; uzayın görünmez boyutlarını, zamansızlığı ve çoklu evrenleri göreceğiz.

* * *

Eğer evren cansız madde üzerinde etkin olan kuvvetlerden daha fazlasını içermiyor olsaydı çok ilgi çekici olmazdı. Bizim gibi (ve belki bizden farklı) duyarlı yaşam formlarının varlığı, evrene canlılık ve renklilik katan ve kozmik tarihe dramatik gerilim kazandıran özel bir muhtevadır. Bizler minicik atomaltı parçacıklardan oluşuyoruz ve uçsuz bucaksız uzay-zamanın bir parçasıyız, ama her iki ucu da zihnimizde taşıyabiliyoruz.

Bizler komik enkazdan, evrimin tesadüfi sonuçlarından, biraz şanslı atomların toplamından daha fazlası değil miyiz? Yoksa biz evrenin yapısının derinliklerine kök salmış canlılar mıyız?

Bilimadamları bu sorulara henüz cevap bulamıyorlar ve belki hiç de bulamayacaklar. Bu arada elinizdeki kitap anlatıya kişisel bir katman ekleyerek evreni insancıllaştırmaktadır. Her bölümün başında ve sonundaki kısa hikâyeler, anlatı büyük patlamaya doğru ilerlerken okuru burada ve şimdi duygusundan git gide uzaklaştırarak metne katmaktadır. Duyu

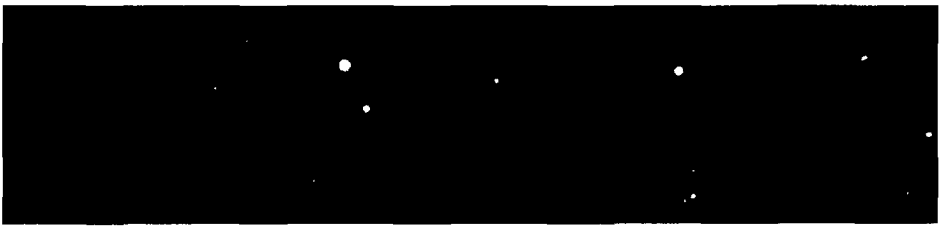
analojileri uç koşulların hâkim olduğu erken evrende işliyor olabilirdi. Ve görme, işitme, koklama ve tat alma duyuları bizi yanıltsa bile evrene aklımızla dokunabiliriz.

* * *

Kozmoloji anlayışımı yıllar içinde şekillendiren, Arizona Üniversitesi ve başka yerlerdeki meslektaşlarıma teşekkürlerimi sunuyorum. Bu kitapta şayet kalmışsa her hata, ihmal veya kusurdan sadece ve sadece ben sorumluyum. İlk müsveddenin bölümleri ortamı düşünmeye ve yazmaya gayet uygun olan Aspen Fizik Merkezi'nde yazıldı. Bu projede ve bundan önceki *How It Ends* adlı kitapta Norton'da Angela von der Lippe ile çalışmak bir zevkti. Mesleğime ve yazılarıma sabırlı katkılarından ötürü temsilcim Anna Ghosh'a sonsuz teşekkürler. Ciltli edisyonu son derece dikkatli okuyarak önemli düzeltiler, ilaveler ve açıklamalar yapan Philip Helbig'e bilhassa minnettarım.

Chris Impey
Tucson, Arizona
Temmuz 2011

I
YAKIN



1

DOĞUMDA AYRILIK

Sade ve güzel bir manzaraya açıldı gözlerim. Önümde iri kayalarla dolu düz bir ova uzanıyor. Sanki keskin bir bıçakla kesilmiş gibi hatlar ve gölgeler kusursuz bir uyum içinde. Ufukta tepeler yükseliyor ve yukarıda simsiyah bir gökyüzü kubbe gibi duruyor. Renge dair tek işaret taşların grisi ve toprağın sarısı.

Güçlükle soluk alıp verişimin sesi uzay kıyafetimin içinde yankılanıyor. Kalp atışlarımı duyuyorum. Bu ritim giderek yavaşlayıp düzenli hale geliyor. Yere diz çöktüğümde, ay toprağının şeker gibi kıvamını hissediyorum. Yere baktığımda ince bir toz tabakasının çizmelerime yapıştığını görüyorum. Topraktaki mineraller parlak ışık banyosu yapan elmas parçaları gibi pırıl pırıl ışıldıyor.

Bir de ayak izleri. Kramponlar yüzeyde mükemmel girinti ve çıkıntılar oluşturmuş. Yalnızım. 40 yıldır buraya insan ayağının basmadığını biliyorum, ama bu havasız dünyada bu ayak izleri sanki dün bırakılmış gibi görünüyor.

Büyük bir dikkatle yerçekimini test ediyorum. Küçük bir sıçrayış beni bel seviyesinin üzerine çıkarıyor. Havada öne eğiliyorum ve yavaşça ellerim ve dizlerim üzerine yere düşüyorum. Teyakkuz halinde nefesimi tutuyorum ve elbisemden dışarıya fırlayan havanın sesini dinliyorum. Hiçbir şey yok. Hantalca ayağa kalkıyorum. Önce küçük sonra büyük adımlar atıyorum. Ama yine dengemi yitirip yere düşüyorum. O an duman veya talk pudrası gibi çok güzel görünen toz zerrecikleri yavaşça havaya kalkıyor.

Sonra yıllar öncesine ait Sessizlik Denizi'nin o parazitli görüntülerini hatırlıyorum. İşin püf yanı kocaman adımlar atmak veya sıçrayışlar yapmak değil uzun ve rahat adımlarla yavaşça ilerlemektir. Ay'ın yüzeyinde kollarımı sallayarak zıplaya zıplaya yürüyorum. Sevinçten çığlık atıyorum. Kalbim öylesine hafifledi ki elli gram bile gelmez.

KAPI KOMŞUMUZ

Ayla aramızdaki uzaklık 250.000 mildir (400.000 km) ve bu bir tahmin değil oldukça kesin bir rakamdır; gerçi bu uzaklık ayın yörüngesinin elips biçiminde oluşundan dolayı yüzde 10'luk bir farklılık gösterir. Aya olan uzaklığımızı 1 milimetrelik kesinlikle biliyoruz. Bu kesinlik bize en yakın duvara olan uzaklığımızın veya yemek masasının diğer ucundaki kişiye olan uzaklığımızın kesinliğinden bile çok daha büyüktür.

Peki, nasıl bu kadar kesin konuşabiliyoruz? Apollo'nun indiği üç yerde bavul büyüklüğünde yansıtıcılar var (bunlar gerçek ayna olmayıp küp köşesi biçimindeki yansıtıcı düzeneklerdir). Bu yansıtıcıların özelliği, gelen ışığı tastamam geliş istikametinde yansıtabilmeleridir. Tenis topunun kortun köşesine çarptığını düşünün. New Mexico'daki 3,5 metrelik teleskop dev bir lazer kalem gibi kullanılmaktadır. Lazer ışığı aya doğru yol alırken hafifçe sapar, bu nedenle 30 milyon fotondan sadece biri küçük yansıtıcıya çarpar. Yayılma geri dönüş yolunda da gerçekleşir, dolayısıyla teleskop yansıtıcıdan ayrılan aynı minik fotonu (tesadüfen) toplar. Bir katrilyon fotondan sadece biri gidiş dönüş yolculuğunu tamamlar, ama neyse ki lazer güçlü bir enerji yaydığından her saniye çok sayıda foton kazanılır. Teleskop ultra kısa lazer ışığı atışlarıyla ayı "vurur" ve ışınların dönüş zamanı saniyenin trilyonda biri ölçüsünde kesinlikle ölçülür. İki buçuk saniyelik yolculuk süresi ışık hızına dair bilgimizle birleştirilince aradaki mesafeyi hesaplayabiliriz.[1]

Ay bizim uzun yolculuğumuzdaki ilk duraktır. Kozmik anlamda o, Dünya'dan atılmış bir taştır. Ay'ın yüzeyinde durup yukarıya bakan astronotlar bilindik şekillerdeki takımyıldızları görmüşlerdir. Yıldızlar öylesine uzaktır ki kapı komşumuza zıplayarak baktığımızda da perspektifte ayırt edici bir değişiklik olmaz. Bu tıpkı bir tiyatro salonunda arka sıradaki bir koltuğun yerini değiştirmeye benzer. Fakat böylesine aşina olup sevmemize rağmen Ay ıssız ve yabani bir yerdir. Bir hava esintisini bile tutamayacak kadar küçük bir yerdir. Göktaşlarıyla dövülen ve uzaydan gelen çoraklaştırıcı radyasyona maruz kalan yüzeyi toz gibi ufalanmıştır.

Bu ürkütücü yere uzaklığımız aşağı yukarı Dünya'nın çevresinin on katı mesafesindedir. 250.000 mil öyle aşılmayacak bir mesafe değildir. Pek çok insan gündelik yaşamında uçakla bu mesafeyi kat ediyor. Bazı işadamları ve profesyoneller birkaç yılda bir bu mesafeyi uçarak kat etmektedir. Ben, yirmi beş yıldır dinlenmek için yapageldiğim koşuda ayla aramızdaki mesafenin beşte birini kat etmişimdir ve bu konuyu düşünmek beni yoruyor doğrusu. Ama normal bir yolcu yeryüzünden zar zor ayrılabilir ve bu ayrılmalar da yerin amansız çekim kuvvetinin kısıtlamalarına maruz kalır.

Ne kadar zıplarsanız zıplayın yerden 90 santimden daha yukarı çıkamazsınız. Çocuklar bir şeye ulaşmanın en kolay yolunun sandalyeye veya birisinin omzuna çıkmak olduğunu bilirler. Birbirlerinin omzuna çıkmaları için yeterince insan toplamak işe yarayabilir. Şayet dengeyi nasıl sağlayacağımız ve bunca ağırlığı en alttaki zavallının nasıl taşıyacağı gibi pratik sorunları göz ardı edersek, Amerika'nın nüfusu bunun için yeterli olacaktır. Başka bir fikir bulmalıyız.

Çözüm gökdelen büyüklüğünde bir kestane fişeğinde yatıyor.

Yıllarca yapılan araştırma ve milyarlarca dolarlık yatırım kıraç Florida'nın bodur çalılıklarından ve bataklığın-

dan devasa bir binanın yükselmesini sağladı. Bu bina St. Paul Katedrali'ni rahatlıkla içine alabilir. Alçak bir ses kapıların açıldığını anons eder ve kocaman bir roket yavaşça dışarı çıkar. Baştan ayağa bir fırlatma kulesine bağlanmıştır. Roket, tabandan meşaleye kadar Özgürlük Heykeli'nin iki katı yüksekliğindedir. Paletli taşıyıcı 3000 ton ağırlığında olup her biri bir otobüs büyüklüğündeki dört palet üzerinde yürür. Satürn V roketinin 5 kilometre kat ederek roket fırlatma yeri olan Launch Complex 39'a ulaşması beş saati alır.

Fırlatma sayımı başlarken tüyler ürpertici bir sessizlik oluşur. Roketten çıkan buhar yükselerek nemli havaya karışır. Tepeden bir balıkçıl sürüsü geçer. Roketteki akaryakıtın patlama gücü, yarım kilotonluk TNT'ye, yani küçük bir atom bombasına eşittir.

Fırlatmadan dokuz saniye önce ateşleme sayımı başlar. Bir anda merkezi motor ateşlendikten sonra dış kısımdaki dört motor ateşlenir ve fünye 2000 tonluk bir kerosen ve sıvı oksijenle yanar. Motorların ağzından beyaz duman dalgalar halinde yükselirken, motorların ürettiği güç Kuzey Amerika'daki bütün nehirlerin gücüne eşit olur. Gürleme, parlama ve ısının fırlatma rampasının bir mil ötesine ulaşması beş saniye alır. Roketin kuvveti duyulandan daha fazla tesir yapar, insanın göğsünü ezip bütün kemiklerine nüfuz eden bir çarpma hissi uyandırır. Fırlatma rampasında dört tutuş kolu yana salınır ve roket yukarıya tırmanmaya çalışırken kuleyi sıyırıp geçmesi 10 saniyeyi bulur.

Motorlardan çıkan ışık gözleri kör edercesine bembeyazdır. Roket şimdi gökyüzüne yükselmiş, saatte 1000 mil hıza ulaşarak bir mili kat etmiştir. İki dakika sonra 40 mil yüksekliktedir ve hızı saatte 6000 mile çıkmıştır. Aradan üç saat geçmeden üç aşamanın hepsi geride bırakılmış ve artık 40 ton ağırlığındaki *Apollo 8* Ay'a doğru saf uzay boşluğunda saatte 25.000 mil hızla ilerlemektedir.

Kapsüldeki üç adam fırlatma işlemi sırasında ölümlü varlıklar olduklarının fazlasıyla farkındadır. Satürn V roketinde henüz test edilmemiş yeni teknolojiler kullanılıyordu.[2] Rakip Sovyet N-1 roketinin ilk fırlatılışı felaket oldu. Roket ve fırlatma kulesi tamamen tahrip oldu ve 50 km uzaktaki pencere camları bile kırıldı. Devasa Satürn V roketinin yakıt tanklarında hava boşlukları vardı, bu nedenle anlık enerji dalgalanmasıyla yanma çok düzensiz oluyordu. 3600 tonluk kuvvet feci bir basınç ve titreşim yaratır. Bill Anders sonraki bilgilendirme konuşmasında "pozitif kontrol hareketi"nden söz ederken duygularını pek belli etmemeye çalışıyordu. Fakat sohbet esnasında, yaşadığı deneyimi "dev bir av köpeğinin pençesine düşmüş bir farenin hali" olarak tarif etti. Kıl payı hayatta kaldıklarını düşünüyordu.

Bu çok özel bir kulüptür.[3] Şimdiye değin yaşamış yüz milyar insan arasında sadece 27'si yerçekiminin göbek bağından kurtulup başka bir dünyaya yolculuk etmiştir.

Oraya vardıklarında iletişimde iki buçuk saniyelik bir gecikmeyle onlara Ohio'da (çoğu astronotun memleketi) olmadıkları hatırlatıldı. Var olan en hızlı şey olan ışık Dünya'daki yolculuğunu göz açıp kapayana değin bitirip Ay'a gider ve geri döner. Bağlantıdaki bu kesinti astronotlar ile görev kontrol merkezi arasındaki diyaloğa acayip resmi ve tumturaklı bir hava katar. Astronotlar hâlâ Dünya'nın arka cebinde olsalar da genişleyen evrenin enginliği duygusunu hissederler.

DÜPEDÜZ DELİLİK

Ay gökyüzünde kocaman ama belli belirsiz görünür, keza kültürde de (Şekil 1.1) göze çarpması ve büyüyüp küçülmesi onu Dünya genelinde çeşitli uygarlıklarda zamanın ve değişimin sembolü yapmıştır. Ay (*Moon*) sözcüğünün kökü en eski Hint-Avrupa dillerindeki "ölçmek" (*to measure*) fiiliyle aynıdır.

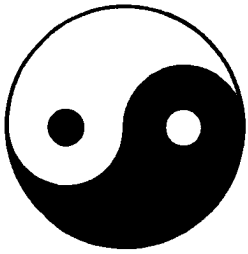


Şekil 1.1. Gökyüzünde bize en yakın cisim olan, aynı zamanda insanın şimdiye değin ayak bastığı tek gökcismi olan Ay bizden çeyrek milyon mil uzaktadır ve insan kültürü üzerinde köklü bir etkisi olduğu gibi, Gezegenimizi fiziksel olarak da etkilemektedir.

En eski insan yapımı eserleri kendimize rehber seçecek olursak, o zaman insan kültürünün hikâye anlatma ve zamanı kaydetmeyle başladığını söyleyebiliriz. Lebombo kemiği, bir babunun 29 çentik atılmış kavalkemiğidir. Swaziland'daki bir mağarada bulunmuş ve milattan yaklaşık 35.000 yıl öncesine ait olduğu saptanmıştır.[4] 29 sayısı aynı zamanda Fransa'nın Lascaux Mağarası'nda bulunan, milattan 15.000 yıl öncesine uzanan zarif oyma resimlerde de karşımıza çıkıyor. Bu mağaradaki resimlerde astronomi olaylarının tartışmasız örneklerini görüyoruz, ama yazılı kültürün bize ulaşmadığı her durumda uzak atalarımız niyetlerini tahmin etmenin ötesine geçemiyoruz.[5] İlk atalarımız zamanı hesaplamak için Ay'ı kullanmış ve taşınabilir çubuk takvimler yapmış olabilirler.

Evrenin insani ilişkiler üzerindeki etkisi bağlamında Ay döngüsünün canlı ritmiyle, yaşam bahşeden Güneş ile ilgili yavaş ilerleyen mevsimsel değişimler arasında her zaman bir gerilim olmuştur. Sözgelimi, Çin felsefesinin bütün büyük ekollerince paylaşılan bir kavram olan yin ve yang örneğini düşünün. Daha MÖ 14. yüzyılda kehanette bulunmak için kullanılan kemiklerin üzerine, birbirine kenetlenmiş bildiğimiz şu iribaşlar kazınmıştı. Bu sembol daha sonraları doğanın ve zihnin uyuşan dokusunu, kozmosun ve insan âleminin akışını, gelgitini ve bütün varlıkların dinamik dengesini temsil etmek için kullanılmıştır.

Bizler yang'ı hareket, gün, erkek doğası ve Güneş ile, yin'i de dinlenme, gece, kadın doğası ve Ay ile ilişkilendiririz. Popüler yin-yang sembolünün kökeni belirsiz olsa da Güneş'in gölgesini bir yıl boyunca kaydeden Güneş saatiyle veya dik bir değnekle bu sembolü çizebiliriz. Çinliler gündönümleri, ekinokslar ve Büyük Ayı'ya dayanarak daireyi 24 parçaya bölmüştür. Güneş'in gölgesinin uzunluğunu her gün kaydedip, değişen açısının oluşturduğu noktaları birleştirerek, tıpkı yin-yang sembolünde olduğu gibi daireyi tam ikiye ayırmışlardır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Yin-yang sembolü Çin kültürünün 2500 yıl öncesine dayanan antik bir eseridir. Dik bir değneğin güneş ışınları altında oluşan gölgesinin hareketini bir yıl boyunca izleyip çizerek bu şekli elde edebiliriz. Karanlığın ve ışığın etkileşimi Güneş ve Ay'ı temsil etmektedir.

Çinlilerin diğer bir kavramı olan chi veya yaşam enerjisi yin ve yang ikiliğini açıklar. Buna göre yin ve yang'ın her ikisi de chi'nin formlarıdır ve chi yin ve yang arasındaki etkileşimden doğup Çin kozmolojisinin temelini oluşturur.[6] MÖ üçüncü yüzyıla ait antik metin *Zhuangzi*'de filozof Guo Xiang onu şöyle açıklar: "İkisi başarılı bir birleşme gerçekleştirip uyumu sağlarsa bundan her şey türer."

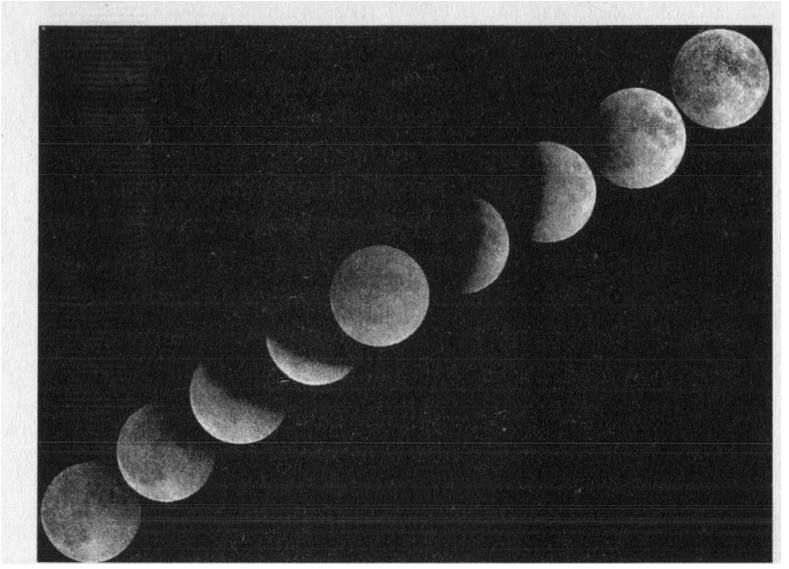
Ay en eski uygarlıkların takvimlerinin temeliydi. 29,5 günlük kavuşum dönemini, diğer bir deyişle ayın evrelerinin tam bir çevrimi için gereken zamanı bulmak için Babilliler 29 ve 30 gün olarak değişen ayları kullandılar. Babillilere göre 30 günlük aylar tam ayken, 29 günlük aylar noksandı. Bu minvalde Yunanlılar kısa ayları boş olarak, Keltler de talihsiz olarak görüyorlardı. Ay takvimi kullanan uygarlıklar tarımlarını düzenlemek zorundaydılar, bu nedenle Güneş yılını yakalamak için zaman zaman ayarlamalar yapıyorlardı; ilkin takvimlerine sekiz yılda üç kez ilave bir ay ekliediler. Sonra MÖ beşinci yüzyılda yaşamış büyük astronom Meton 19 Güneş yılını 234.997 kavuşum ayı olarak hesapladı, böylece Güneş ve Ay takvimleri her 19 yılda bir neredeyse kusursuz şekilde uyuşuyordu. Antik Roma'da dinadamları gece gökyüzünü gözlemleyerek krala yeni bir ay çevrimini bildiriyordu. Her bir ayın ilk gününe Latincede "beyan etmek" anlamına gelen *Calends* adını verdiler ve *calendar* (takvim) kelimesi de buradan gelmektedir.[7]

Dünyanın büyük dinleri her zaman sefere Ay ile çıkıyordu. En önemli Hıristiyan bayramı olan Paskalya bahar ekinoksunun ardından ilk dolunayın akabinde birinci Pazar gününe rastlar. Yahudilerin Hamursuz bayramı dolunayda kutlanır ve Çinlilerin yılbaşı kış gündönümünün peşinden gelen ikinci yeniaya denk gelir. Büyük Hint bayramı olan Divali, Güneş'in ilk terazi burcuna girdiği yeniay sırasında kutlanır. İslam ülkeleri kendi gündelik hayatlarını ve dini vecibelerini günbatımından sonra ilk hilali gözlemleyerek düzenlerler.[8]

Ay daima törensel ve dini anlamlar ifade etmekle beraber bilimin doğuşunu da tetiklemiştir. Yunan filozofu Anaksagoras, Ay'ın, ışığını Güneş'ten alıp yansıtan dağlık bir yer olduğunu ileri süren ilk kişidir. Hatta onun Dünya'dan kopmuş bir taş kütlesi olduğunu düşünerek Ay'ın kökenine dair modern teoriye öncülük etmiştir. Ne var ki bu düşünce tarzı başını belaya sokmuştu; Güneş'in Mora yarımadasından daha büyük olduğunu ileri sürmeye cesaret ettiği için MÖ 450'de Atina'dan kaçmak zorunda kaldı.

Aradan iki asır geçmeden Yunan astronom Aristarkos Ay'ın büyüklüğünü ve Dünya'dan uzaklığını tahmin etmek için yeni savlara başvurdu. Ay tutulması sırasında Ay Dünya'nın gölgesinden geçer (Şekil 1.3). Ay, Dünya'nın gölgesinin yarısından daha küçük bir alan kapladığından Dünya'dan daha küçük olmalıdır. Ayrıca Dünya'nın gölgesi yarım derece, yani Güneş'in gökyüzünde çizdiği açı kadar paralele yaklaşır. Aristarkos geometrik bir düzenek yapıp Ay'ı Dünya'nın yarıçapının altmış katı uzaklığa yerleştirir; bu ölçüm gerçeğe çok yakındır.[9] Ayrıca Aristarkos Dünya'nın çevresel konumu hakkında o zamanın şartlarına göre rahatsız edici ölçüde öngörülüydü; Güneş merkezli kozmoloji fikrini ortaya attı; dünyanın bu fikri kabul etmeye hazır olmasına daha 1800 yıl vardı.

Adet döngüsü insani olayların ayla ilişkisinin en dikkat çekici örneğidir. *Menstruation* (adet görme) ay kelimesinin Yunancadaki karşılığından gelir ve birçok yazar tarihöncesi kültürlerde kadınların dolunayda yumurtlayıp yeniayda adet gördüklerini düşünüyordu. Öte yandan bu eşzamanlılığa dair kanıt yoktur ve ortalama 28 günlük dişil döngü, ayın evrelerinin 29,5 günlük döngüsünden farklıdır. En yakın akrabalarımız (şempanzeler) 35 günlük bir döngüye sahiptir. Diğer plasentalı memeli dişiler adet döngüsünü değil de östrus döngüsünü yaşarlar. Bu döngü farelerde 5 günken fillerde 16 haftayı bulmaktadır. Kadının adet döngüsünün ayın evrelerine benzemesi muhtemelen bir rastlantıdır.



Şekil 1.3. 20 Şubat 2008'de gerçeklemiş ay tutulmasının hızlandırılmış görüntüleri. Ay Dünya'nın gölgesinden geçerken Dünya'nın kavisli şekli apaçıktır ve basit geometrik savlar Dünya'nın, Ay'ın ve Güneş'in göreli büyüklüklerini tahmin etmektedir.

Ay hayal gücümüze çok etki eder. Ay tutulması sırasında bize esin verip, korku ve huşu duyguları uyandırır. Güneş'in Ay tarafından neredeyse kusursuz şekilde gölgede bırakılmasının tek nedeni 400 kat daha büyük olan Güneş'in aynı zamanda 400 kat daha uzakta olmasıdır. Uzak Güneş sistemlerindeki yaratıklar muhtemelen bu manzaradan mahrum kalmaktadırlar.

Ayın çekim kuvvetinin bizi etkilemesi akla yatkın görünüyor. Dolunayın geceleyin yastığa koyduğunuz başınızı hafifçe çekip yatış pozisyonunuzu düzelttiğini hayal edebilirsiniz. Ay, okyanusları 120 ila 180 santim yükseltecek denli muazzam bir ağırlığa sahip olduğundan ve bizim de vücudumuzun yüzde 75'i su olduğundan bizi etkilemesine şaşırmamak gerekir. Ay'ın okyanuslarda gelgitler, karalarda da basınç

veya gelgitler yarattığı doğrudur, ama etkilerinin büyük olmasının nedeni su kütlelerinin büyük olmasıdır. Gelgit kuvveti, bundan etkilenen nesnenin büyüklüğüne bağlı olarak değişir. Dünya büyük olsa da insan küçük olduğundan annenin, kucağında tuttuğu bebeğine etkisi ayınkinden 10 milyon kat fazladır. Ayrıca ay serbest su kütlelerine etki yapar ve bizim içimizdeki su sıkıca zapt edilmiştir.

Ayın zihinsel ve davranışsal sorunlar doğurduğu inancı yaygındır. Bazı polisler ve acil servis hemşireleri dolunay sırasında "işlerin çığırından çıktığını" söyler. Saygınlığından kuşku duyulmayan akademisyenlerin makalelerinde ve haber bültenlerinde, dolunayın cinayet, intihar, ameliyat sonrası kanama, kazara ölüm, kalp krizi ve trafik kazası vakalarını artırdığının belirtildiğine tanık olursunuz. Bilimsel otoritelerin bu sarsıcı gerçeği örtmeye veya sümen altı etmeye çalıştığını okursunuz. Dahası, UFO'lar, Elvis, 11 Eylül saldırısı ve JFK suikastı gibi olaylara uzanan komplo teorilerine bile rastlayabilirsiniz.

Buradaki sorun öne sürülen iddiaların güvenilir bir temele dayanmamasıdır.

Washington Üniversitesi'nde biyomühendislik bölümünde araştırma profesörü olan Eric Chudler dolunayın insan davranışları üzerindeki etkisine dair 75 farklı çalışma toplamıştır. Bu çalışmalar intihar, şiddet içeren davranışlar, depresyon, acil servis ziyaretleri, aşırı doz uyuşturucu kullanımı ve hatta hayvanlar tarafından ısırılma gibi vakaları içermektedir. Farklı araştırmacıların yürüttüğü çalışmaların 65'inde istatistiksel açıdan kayda değer sonuçlar elde edilmemiştir. 10 vakada ise apaçık bir etki görülmekteydi ama örnek büyüklüğü yeterli olmadığı gibi yöntem de kuşkuluydu.[10] 37 farklı çalışma üzerine yapılan diğer bir "meta-analiz"de ise Ay, aylık değişimin ancak yüzde 0,03'ünün sebebiydi.[11]

Bu konu kör topal bilim yapmanın tuzaklarını içeren bir konudur. Bazen iddialar önemsiz örneklere dayandırılır. Ba-

zen de istatistiksel açıdan kayda değer olan daha dikkatli bir analiz paramparça edilir. Sözgelimi, birbiriyle ilişkisi olmayan 30 değişken kıyaslandığında, ikisi şans eseri 3-sigma seviyesinde ilişkili çıkabilir. (Normalde, 3-sigma değeri yüzde 99,5'lik kesinlikle kayda değerdir, ama kocaman ve dopdolu bir değişkenler "havuzunda" araştırma yaparken değil.) Araştırmalar etkinin bir diğer nedenini gözden kaçırabilir. Dolunay ve yeniay dönemlerinde zirve noktasına çıkan trafik kazaları üzerine yapılan bir araştırmada araştırmacılar, örneklerindeki dolunay ve yeniay vakalarının orantısız sayısının, kaza oranının arttığı bilinen hafta sonuna denk geldiğini gözden kaçırmışlardı. Bazen potansiyel bağlantılar ayrıntılı bir inceleme yapıldığında asılsız çıkmaktadır. Pozitif iyonlar insan davranışları üzerinde kötü etkiler yapabilir ve dolunay sırasında bu iyonların sayısı artar, ama Ay'ın yol açtığı değişim, havalandırma ve kirli havanın katkılarının yanında önemsiz kalır.

Birkaç yüzyıl önce yapay aydınlatma daha icat edilmemişken Ay'ın insan davranışını etkileyebileceği düşünülüyordu. İngiltere'deki suçluların cezalarında "aysar" veya "meczup" oldukları gerekçesiyle indirim yapılıyordu. Dışarıda dolaşıp yaramazlık yapmak için en uygun zaman geceleyin dolunayın çıktığı zamandı. Şimdi bizler böyle bahanelerden mahrumuz.

BİZİM GAYRİ MEŞRU İKİZİMİZ

Karanlık bir aile efsanesi. Gaia tam zamanında doğar ve attığı çığlıkla geceyi yırtar. İkiz kardeşi Luna ise anne karnında epey açlık çektikten sonra biraz geç doğar. Az gelişmiş Luna bücür ve kırılgandır. Bir süre hayatta kaldıktan sonra ölüp gider. Gaia kız kardeşinin yokluğuna dayanamadığı için, zamanla derisinde lekeler oluştuktan sonra bile cesedi yanından ayırmaz. Kız kardeşinin akıbetinden sakınmaya kararlı

olan Gaia hayata dört elle sarılır. Artık hoş ve hüzünlü bir kadın olduğunda gençliğini kaybetmemek için yakışık almayan çılgınca çabalar içine girer hep. Öte yandan ölü kardeşinin yakınlığı onu teskin edip, büsbütün aklını oynatmasına engel olur.

Ay acayip bir gökcismidir. Güneş Sistemi'ndeki en büyük dördüncü uydu, bağlı olduğu gezegenin boyutlarına oranla ise en büyük uydudur. Manyetik alanı yoktur ve yoğunluk ölçümleri küçük bir metalik çekirdeğe sahip olduğunu ortaya koymuştur. Güneş Sistemi'ndeki herhangi bir büyük gökcismi oluşurken demir ve nikel gibi ağır elementler eriyik magmaya batıp merkeze düşer. Her nedense ay kocaman bir kaya olarak kalmıştır.

Bilimadamları bu muammayı 4,5 milyar yıl önce gerçeklemiş bir şiddet hikâyesiyle açıklarlar. Manzarayı hayal edebiliriz. Evren için göz açıp kapayıncaya kadar geçen bir sürede (50 milyar yıl) Güneş nebulasındaki toz taş parçaları halinde katılaşarak iri kayalara, dağlara ve sonra da Ay veya Mars büyüklüğünde yavru gezegenlere dönüştü. Bu süreç giderek hızlandı ve çoğu zaman küçük parçaların zayıf çekimi onları bir araya getirdi. 100 kilometrenin 10.000 kilometreye çıkması sadece 100.000 yıl aldı. Her yavru gezegen, etrafındaki materyali yutarak büyüdü. Süreç gayet düzenli ilerliyordu.

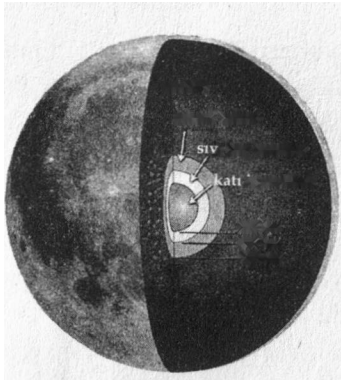
Sonraki evre kargaşaydı. Kütleçekiminin uzun erimi yavru gezegenleri yörüngelerinden saptırdı ve çok geçmeden çok sayıda yavru gezegen kaygı verici bir şekilde Güneş Sistemi'nde başıboş dolaşmaya başladı. Bazıları içeri girerken bazıları da dışarıya kaçıyordu. Etkileşimlerin çoğu oldukça kısa mesafelerde gerçekleşiyordu. Bütün bu keşmekeş içinde bazı yavru gezegenler yavaşça birbirine yaklaşıp yapışırken, diğerleri yıldızlararası uzay boşluğuna savruldu. Bazı çarpışmalar feci sonuçlar doğurdu.

Bu manzaraya şimdi bebek Dünya giriyor.

Genç gezegenin yüzeyi yapış yapış ve neredeyse eriyikti. Buharlar sıvılaşarak denizleri oluşturalı çok zaman geçmemişti. Genç Güneş loştu ve plasenta tozuyla örtülmüştü. Geceleyin gökyüzüne baktığınızda bir parlak yıldız veya takımyıldızı açık seçik göremiyordunuz. Jüpiter ve Satürn henüz taştan çekirdeklerini çepeçevre saracak gaz kılıflarını toplamamışlardı ve görünmeyecek denli sönüktüler. Henüz ortalıkta ay yoktu.

Mars büyüklüğünde bir kaya hiç uyarıda bulunmadan Dünya'ya yaklaştı ve gökyüzünü doldurdu. Trilyonlarca tonluk kayayı uzaya püskürtecek kadar büyük bir enerjiyle gerçekleşen göz kamaştırıcı bir çarpışmaydı bu. Çarpan cismin ağır çekirdeğinin büyük bir kısmı Dünya'ya düşerken, bu cismin ve Dünya'nın kabuk materyalinin bir karışımı Dünya'nın çevresindeki eriyik magma diskinin içine fırladı. Bin yılı bulmayan bir zaman diliminde Ay, akışkan olmayan bir kütleye dönüştü ama Ay'ın magma denizinin soğuyup kristalleşerek kayalara dönüşmesi için bir 100 milyon yılın daha geçmesi gerekiyordu. Ay oluştuktan sonra gökyüzünde günümüzdeki halinden 10 kat daha büyük ve daha yakın görünüyordu (Şekil 1.4).

Bu, bir avuç gerçekle sarmalanmış işe yarar bir öykü, sadece "düzmece" bir anlatı mı? Muhtemelen hayır.[12] Çarpma teorisi Ay'ın nispeten büyük kütlesini ve küçük çekirdeğini açıklamakla kalmayıp, Ay'ın Dünya'ya göre biraz daha genç oluşunu, Dünya-Ay sisteminin büyük açısal momentumunu, oksijen izotoplarının Dünya ve Ay'da neredeyse aynı miktarda oluşunu ve Dünya'nın ekvatoruna göre ayın yörünge düzleminin eğikliğini de açıklamaktadır.[13] Ne var ki çoğu olgu çarpmayla açıklanabilse de hiç kimse orada bulunup çarpmaya şahit olmamıştır ve bazı olgular başka açıklamaları gerektirebilir. Tarih biliminden asla emin olamayız, tıpkı arkeolojiden emin olamadığımız gibi.



Şekil 1.4. Ay zayıf bir manyetik alana ve küçük bir metalik çekirdeğe sahip olması bakımından Dünya'dan büyük ölçüde farklıdır. Ay'ın oluşumuyla ilgili çarpma teorisi, yaklaşık 4,4 milyar yıl önce bir çarpışma sonucunda Ay'ın uzaya "sıçradığını" ve Ay-Dünya sistemine açısal momentum kazandırdığını öne sürer.

Milyarlarca yıl sonra Dünya ile Ay'ın hikâyeleri iç içe geçmeye devam etti. Bizim çorak ikizimiz, gezegenimizin her iki tarafında da suları yükselten bir germe kuvveti uygular. (Bu da dolunayın insani olayları etkilediği fikrini çürüten başka bir olgudur; aksi takdirde bütün etkilerin ayda sadece bir kez değil iki kez görülmesi beklenirdi.) Dünya, Ay'ın onun etrafında döndüğünden çok daha hızlı döndüğünden, su kabarıklıkları iki cismi birbirine bağlayan hayali bir çizgi oluşturur. Çekiş kuvveti Dünya'nın açısal momentumunu azaltırken, onu biraz yavaşlayacağı daha yüksek bir yörüngeye iteler. Bu arada Dünya hafif yavaşlayarak dönmeye devam eder. Böylece Ay her yıl 3,8 santim geri çekilerek bizden uzaklaşır ve bizim oraya dönmemizi az da olsa zorlaştırır. Neyse ki iyi haber bizim yoğun geçen hayatımızda daha fazla şey yapabilecek olmamızdır, çünkü gün her yıl 15 mikrosaniye uzar.[14]

4,5 milyar yıl önce tesadüfen gerçekleşen bir karşılaşma Dünya'nın ileri düzeyde yaşamı bünyesinde barındırmasında önemli bir rol oynadı. Gelgitler canlıların denizden karaya çıkması için gereken adaptasyonları yaşayabildiği benzersiz

bir geçiş bölgesi yaratır. Ay Dünya'nın kendi ekseni etrafındaki dönüşlerinde eğik ekseninin daha sabit kalmasına yardım ederek yalpalamasını kısıtlar. Benzer büyüklükte bir aydan yoksun olan Mars kendi ekseni etrafındaki dönüşlerinde ekseni sıfır ila 60 derece arasında eğilerek yalpa yapar. Sonuçta Dünya çok uç iklim değişimleri yaşamaz. Ay Dünya'ya yaklaştığında hayatın başlaması için gereken tektonik kabuğun oluşmasına da yardım etmiştir.

Bu savlara abartılı anlamlar yüklemek tehlikelidir, ama ilk çarpmanın Dünya'nın kabuğuna metaller serptiğini söyleyebiliriz. O metaller olmasaydı insan taştan ok ve tekerlek yapmanın ötesine geçemeyebilirdi. Ay çevrimlerinin doğadaki düzensizlikler hakkında düşünmeye teşvik ettiğini gördük. Ay, eski Yunanlıların bir küre olarak Dünya'yı tanımalarında, Galileo'nun "çoklu dünyalar" kavramında ve Einstein'ın kütleçekimi kuramını ilk sınamasında çok önemli bir rol oynamıştır.

Ayın yaratılış hikâyesi şu soruyu önümüze getirmektedir: Ya olmasaydı? Biraz farklı bir yörüngeye sahip Mars benzeri bir gökcismi yanımızdan geçip gitseydi, daha şiddetli iklim değişikliklerine maruz kalan gezegenimiz, ancak sınırlı bir sıcaklık aralığında yaşayabilen tüysüz maymuna hiçbir zaman yaşam alanı olamayabilirdi. Yok, eğer çarpışma daha cepheden olsaydı Dünya muhtemelen büyümek yerine yok olurdu. Varlığımızın Güneş Sistemi'nin erken aşamalarında hüküm süren kaos içindeki şanslı tesadüflere dayandığını düşünmek akıllıca olur.

MÜTHİŞ SERÜVEN

Başka bir dünyanın üzerinde yürümüş 12 kişi, asla insan çeşitliliğini temsil etme iddiasında değillerdi. Zira hepsi erkek ve beyazdı. Biri hariç hepsi üniversitede havacılık eğitimi almıştı. Hemen hemen hepsi askeriyede deneme pilotlu-

ğu yapmış ve Soğuk Savaş veya Kore Savaşı sırasında aktif hizmette bulunmuştu. Çoğu, meslektaşlarının öldüğü, yüksek risk taşıyan mesleklere sahiptiler, dolayısıyla 1960'ların başında astronot ekibine katıldıklarında şans onlardan yanaydı.

Bizi aya götüren müthiş serüven başarısız bir iniş ihtimalini es geçip geriye kalan 25 saniyelik yakıtla ay kapsülünü yere indiren soğukkanlı bir adam sayesinde gerçekleşti. Yolculukla ilgili radyo yayını küçük uzay gemisine birkaç saniye geç gelince heyecan yükseldi. *Apollo 11* mürettebatı bir dizi alarm ile karşı karşıya kaldı ve gemideki modern bir dijital saatten çok daha güçsüz olan bilgisayardan gelen verilere kulak asmamaya karar verdi. Görev kontrol merkezi astronotların planlanan iniş yerinden 4 mil uzaklıktaki bir kayalık yere yaklaştığını dehşetle fark etti. Uçuşun tehlikeye girdiğini gören pilot Neil Armstrong bilgisayardan kontrolü devralıp mürettebatı güvenli bir yere indirirken, Houston'dakiler yakıt geri sayımını yaptılar. Armstrong "Kartal indi" diye bildirince, görev kontrol merkezi televizyon başındaki milyonlara şunu söyledi: "Bizim halimiz sizden farklı değil. Burada da bir grup adam az kalsın mosmor olacaktı. Şimdi rahat nefes alabiliyoruz. Çok teşekkürler."

Ayın yüzeyinde yürümek 12 adamın ve yolculuğa katılan ama iniş yapmayan 15 adamın hepsinin üzerinde esaslı bir etki yaptı, ama inenlerin kafayı yediği veya dini uyanış yaşadığı bir şehir efsanesinden ibarettir. Buzz Aldrin depresyondan muzdarip oldu ve alkolizmle mücadele etti. Edgar Mitchell hayatını psişik olayları incelemeye adadı. Jim Irwin ve Charlie Duke Protestan oldular. Geri kalanlar ise kır saçlı emekli rolünü seve seve kabul edip pek kahraman olarak hatırlanmadılar. Bu deneyim, içebakışa, evlerini böylesi sıra dışı bir noktadan görmeye yatkın olmayan, teknik zihniyete sahip, kendinden emin bir grup adam için, yaşamlarını değiştiren bir deneyim oldu (Şekil 1.5).[15]



Şekil 1.5. Buzz Aldrin'in aydaki ayak izinin ikonik görüntüsü 40 yıldır orada olmadığımızı bize hatırlatıyor. Apollo astronotlarının sadece 12'si aya ayak bastı. İnsanın aya ayak basmadığına inanan küçük bir azınlık için *Lunar Reconnaissance Orbiter* adlı ay uydusu ayın yüzeyinde kalanları içeren ilave kanıtlar sundu; bunların arasında ay taşıtlarının tekerlek izleri de vardır.

Apollo 15'te ay modülü pilotluğu yapmış James Irwin hadiseyi şöyle anlatıyor: "Dünya bize uzayın karanlığında asılı duran süslü bir Noel ağacını anımsatıyordu. Biz ondan uzaklaştıkça o da gitgide küçüldü. Sonunda hayal edebileceğiniz en güzel bilye kadar küçüldü. O güzelim, sıcak canlı cisim öyle kırılgan, öyle zarif görünüyordu ki sanki parmağınızla dokunsanız un ufak olacak gibiydi. Bunu görmek insanı değiştiriyor."[16]

Amerikan halkının inatçı yüzde 6'sı insanın hiçbir zaman aya ayak basmadığına ve tüm o Apollo Programı'nın özenle hazırlanmış bir hile olduğuna inanıyor.[17] Herhalde bu kişiler başka çürük fikirlere de inanan veya komplo teorilerine ilgi duyan kimselerdir ve sayıları muhtemelen ciddiye alınmayacak denli azdır. Astronotlar aya ayak basıldığına inanmayanlara çeşitli tepkiler verdiler. Sözgelimi Gene Cernan şöyle dedi: "Hakikatin savunmaya ihtiyacı yoktur. Hiç kimse ama hiç kimse ayın yüzeyinde bıraktığım ayak izlerini benden ala-

maz." Eski ABD senatörü olan Harrison Schmith ise şu beyanatta bulundu: "Kendilerince bizim çabamızın sonuçsuz kaldığına inanıyorlar; onların çoğu için üzülüyorum." Buzz Aldrin'in tepesi attı ama intikamını da aldı. *Apollo 11* astronotunun Youtube sitesindeki videosunda kuşkucu film yapımcısı Bart Sibrel'e tahammülü kalmayınca burnuna yumruğu indiriyor. Bu video 2 milyardan fazla kez izlenmiştir.

Marjinal meczupları bir kenara koyarsak, zamanın geçişi Apollo'ya ilişkin genel bir gerçekdışılık duygusu yaratmaktadır. Bugün hayatta olan Amerikalıların üçte birinden daha azı Ay'a iniş olaylarına tanıklık etti, dolayısıyla hadise kaçınılmaz olarak uzak bir kültürel anı havasına bürünmektedir.

"Müthiş serüven" bir bakıma garipti. Başkan Kennedy'nin on yıl içinde aya ayak basma kararlılığı, Sovyetler Birliği ile kıran kırana geçen bir süper güç olma yarışından kaynaklanmıştı. NASA'nın bütçesi 1960'ta 3 milyar dolarken on kat artarak 1967'de 33 milyar dolar oldu ve sonra bu zirve noktasından üçte birine indi.[18] Zorlu Apollo görevi için NASA'nın topladığı teknik uzmanların çoğu sonradan dağıldı ve yeni yarı iletken ve bilgisayar sektörlerinde işe girdiler. Ve Gene Cernan 14 Aralık 1972'de Ay modülünün merdivenlerinden çıkarken, gelecek 50 yıldan fazla bir zaman boyunca aya ayak basan son insan olarak kalacağını asla hayal edemezdi. Umutlu bir halde ışıkları kapattı. NASA'nın işleri belli olmaz, dolayısıyla Ay'ı keşfe gidecek sıradaki kişi henüz belli değil.

Belki de insan olmayacak; Ay robotlar tarafından işgal edilebilir. Eylül 2007'de X Prize Foundation adlı kuruluş Ay'a yeni seyahat için düğmeye bastı ve 2012 sonundan önce insansız aracı Ay'a "yumuşak indirip" yüzeyde 50 metre gezdirdikten sonra videosunu gönderecek ilk ekibe 20 milyon dolar ödül vereceğini duyurdu. Şayet iniş 2014 sonundan önce gerçekleşirse ödül 15 milyon dolara düşüyor. İkinci ödül ise 5 milyon dolardır ve mürettebat, Apollo kalıntılarını bulursa, su tespit

ederse veya bir ay gecesi boyunca canlı kalırsa 5 milyon dolar ekstra para kazanacak.

Uzmanlar bu amacı gerçekleştirmenin en az 50 milyon dolara mal olacağını hesaplıyorlar, dolayısıyla hiç kimse bunu para için yapmıyor. Önceki oldukça başarılı Ansari X ödülünden ilham alan kuruluş uzay yolculuğunda girişimci bir yenilikçilik dalgası başlatmayı umuyor. Sadece özel şirketler, bireyler ve sivil toplum kuruluşları bu işin altından kalkabilir. NASA meraklı ama kafası karışık bir izleyici konumuna düştü. Moon 2.0, Google tarafından finanse edilecek. 11 ülkeyi temsilen 21 ekip, tasarıları üzerinde hummalı çalışmalar yürütüyor. Arkaplanda rekabet devam etse de, bu yolculuğu ilk uzay yolculuğundan tamamen farklı kılmak için yeterli meslek dayanışması ve fikir paylaşımı var.

Aya turistik geziler düzenlenebilir. Bu henüz gerçekleşmemiş olsa da özel uzay endüstrisindeki hummalı çalışmalara bakınca gerçekleşmesi hiç de uzak bir ihtimal değil. Virgin ve XCOR adlı kuruluşlar sivil vatandaşlar için 200.000 dolar gibi uygun bir ücretle basit yörüngesel uçuşlar düzenleme işinde tam gaz rekabete girişmiş durumdalar. Uzay turizmi "melek" yatırımcılardan 1 milyar dolarlık bir meblağ toplamış bulunuyor, gerçi bütün girişim, 20 ila 35 milyon dolar para ödemiş yedi sivil vatandaş için *Soyuz* uzay aracıyla Uluslararası Uzay İstasyonu'na yolculuklarına aracılık edip komisyon alan Space Adventures adlı şirketin çalışmalarına dayanıyor. Charles Simonyi'yi bir kenara koyarsak, bu çok zengin insanlar "uzay turisti" deyiminden nefret ediyorlar. Space Frontier Foundation adlı kuruluşun kurucularından Rick Tumlinson şöyle diyor: "Turist dediğin kişi üzerinde çiçekli tişörtü, boynunda üç kamerasıyla dolaşan kişidir." Space Adventures tadilattan geçirilmiş Soyuz uzay aracıyla aya gösteri uçuşları düzenlemeyi planlıyor. Bedeliyse 100 milyon dolar. Eh, şimdiden paranızı biriktirmeye başlayın.[19]

Ay sevgililer için de özel bir yer. Ne zaman bilimin dışındaki alanlarda öğrenim gören gençlere ders versem, NASA'nın Johnson Uzay Merkezi'ne sipariş edilecek Ay numunesi paketine ödenek bulmak için bir yığın evrak dolduruyorum. Beş hafta sonra taahhütlü postayla şık bir alüminyum evrak çantası gönderiliyor. Çantanın içinden bir Perspex disket, bir dizi slaytla birlikte açıklayıcı görsel-işitsel materyaller çıkıyor. NASA logosuyla süslenmiş çantanın, içindekilerden (her bir aya inişte alınan toprak örnekleri) daha havalı olduğunu söyleyerek arkadaşlarıma espri yapıyorum. Dayanıklı bir plastik diskin içinde oluyorlar; onu sınıfta dolaştırıyorum ve başka bir dünyadan gelen toprak elden ele geçerken, gençlerin gayet ilgisiz olduğunu gözlemliyorum.

Gözlerim ilk kez slaytlara takıldığında numune paketini Houston'a göndermek üzereydim. Her bir slayt cam tabakalar arasına yapıştırılmış ve sert bir metal zemine oturtulmuş ince bir Ay taşı parçasını içeriyordu.

Aklıma bir fikir geldi. Ayrılık ve boşanmadan sonra yaşadığım iki yıllık yalnızlıktan sonra büyüleyici bir kadına rastlamıştım. Hayalimde, Güneş Sistemi'nin ilk materyali olan kara bazalt taşı içeren slaytı aldım. İşyerinde minik bir allen anahtarı ve endüstriyel çözücü buldum ve slaytın içindeki değerli şeye baktım. Küçük bir miktarını kazıyıp kâğıttan bir huninin içine döktüm, sonra da ufak bir çikolatalı tatlının üzerine serptim. Öte Dünya'dan gelen bu ziyafeti zikrettiğim kadınla paylaştım. Kumlu ve taşlıydı ama olağanüstüydü. Aradan onca gün geçmesine rağmen kendimi hâlâ farklı hissediyorum. Bütün sevgililer ayda yemek yemeliler.

* * *

Delik deşik kurşuni yüzeyde sonsuza dek zıplamak istiyorum, ama ayak kaslarımda bir yanma hissettiğim için duruyorum ve iri bir kayaya yaslanıyorum. Kalbim güm güm atıyor. Gözlerimin önünde bir uçtan diğerine kıraç bir Ay manzarası var. Ortalıkta ne bir referans

noktası ne de bir sınır işareti var. Hava olmadığı için mesafeleri kestirmek imkânsız. Nerede olduğuma dair hiçbir fikrim yok.

İçimde bir endişe dalgası uyanıyor. Buraya nasıl geldim? Eve nasıl döneceğim? Şayet bu bir rüyaysa şimdiye değin gördüğüm bütün rüyalardan daha berrak. Eğer bir düşse müthiş detaylarla bezeli olağanüstü bir düş. Hayal gücüm bu denli gerçeküstü bir şeyi idrak etmeye yetmiyor.

İçinde bulunduğum durumu düşünerek başımı yukarı kaldırıyorum ve ilk kez Dünya'yı fark ediyorum. Gökyüzünde yüksek bir yerde asılı duruyor, kahverengi, mavi ve beyaz renklerine sevgi katılarak boyanmış buğulu bir bibloyu andırıyor. Bu mesafeden bakınca insan faaliyetine dair bir işaret göremiyorum; toprak ve kaynakları kontrol altına alma hırslarıyla ün salmış tüysüz maymunların tüm ekosistemin dengesini bozduğuna dair bir işaret de yok. Ne denli gerçek gibi görünürse görünsün Ay bir yanılsama olmalı. Düzgün şekilde nefes alıp vererek dinleniyorum. Gözlerimi kapayıp fırıl fırıl dönüyorum ve kendimi Dünya'daymışım gibi hayal ediyorum.

Çok garip hisler uyanıyor içimde. Ay'daki varlığım somut ve sağlam. Bacaklarımdaki yanma azalıyor, nefes alış verişlerim uzay maskemi buğulandırıyor. Hafifleyen ağırlığımın verdiği serseml iği hissediyorum. Bütün bunlar kesinlikle gerçek. Zihin gözüyle Dünya'ya bakıyorum ve kendimi bir banliyö evinin bahçesinde buluyorum. Mevsim yaz. Elimde buzlu bir limonatayla şezlonga yayılmışım. Göğsüm usulca kabarıp iniyor ve oradaki nefes alış verişlerimin burada aydakiyle eşzamanlı olmadığını fark ediyorum. Bir saniye kadar geri kalıyor.

2

GEZEGENLERE YOLCULUK

Buzla kaplı alan buruşuk bir battaniye gibi ileriye uzanıyor. Her ne kadar etrafta ölçmek için referans olabilecek bilindik bir nesne olmasa da fazla yüksek olmayan tepede millerce uzağı görebiliyorum. Yavaşça dönüp etrafa baktığımda manzaranın her yönde aynı olduğunu görüyorum. Ufuk çizgisi kör edici beyazla zifiri karanlık arasında bıçak sırtı gibi uzanıyor.

Yakın çevreme daha dikkatli bakıyorum. Üzerinde dikildiğim tepe buzla kaplı, bazı yerleri şeffaf mavi ve beyaz tonlarına bürünmüş, kimi yerleri de kahverengi ve kırmızı. Bayırın dibinde buzdan oluşmuş eğik, köşeli ve iri kayalar var, sanki öfkeli bir dev, düz bir bloğu paramparça ederek bu kayaları oluşturmuş. Dağınık buzdan yarların arasında yılan gibi kıvrılarak uzayan donmuş bir nehir görüyorum. Uçsuz bucaksız buzulun manzarası ürkütücü. Üzerinde gezinmek imkânsız. Burası Jüpiter'in donmuş uydusu Europa.

Bir adım atıp yukarı zıplayınca şaşkınlığa kapılıyorum. Aşina olduğum bir his bu; Europa büyüklük ve yoğunluk bakımından aya benzediği için burada 13,60 kilogram geliyorum. Yerçekiminin hafif olmasına rağmen iniş bacaklarımı ağrıttı. Bu buz öylesine donuk ki adeta granite benziyor. Derimi, önümde uzanan 250 derece daha soğuk ve neredeyse kusursuz vakumdan ayıran uzay kıyafetimin kumaşının inceliğinin fazlasıyla farkındayım.

Başımın üstündeki gökyüzünde sütten bir küre gibi asılı duran cisim Jüpiter. Benim daha aşina olduğum gökyüzündeki Ay'dan 24

kat daha büyük. Biraz zaman alsa da Dünya'nın yerini de buluyorum. Soluk mavi boncuk öylesine ufak ki bir yıldızdan zar zor ayırt edilebiliyor. 7 milyar insanın ümitleri ve korkuları bir topluiğne başına sığdırılmış.

Ev, evet ordayım. Yoksa gerçekte gaz devlerinin âleminde bir milyar mil uzakta, yani burada mıyım? Bu düş, oturma odamdaki televizyonda az önce seyrettiğim filmin jeneriğiyle başladı. Akşam yemeğimi bir kenara bırakmıştım. Ne var ki uzay boşluğundan evime bakarken sandviçimi yemeye başlıyorum ve filmin yarısına geldiğimi fark ediyorum. Zamanda bir gedik açılmış. Şimdi burada, bir an sonra da orada oluyorum. Uzay ve zaman içinde ikiye ayrılmış gibiyim. Nerede olduğumdan tam emin değilim.

ROBOT ELÇİLER

Bizler ana rahmini terk etmek için yaratılmadık. Annemiz Gaia bizi uygun ısıda tuttu; rüzgâr ve yağmur bizi rahatlattı; atmosfer bizi morötesi radyasyon, kozmik ışınlar ve meteorlardan korudu. Beş mil yukarıda Everest Dağı'nın tepesinde bir insan oksijensiz birkaç saatten fazla yaşayamaz. Bazı cesur (ve galiba aklını oynatmış) maceraperestler 20 mil yükseklikten atlayıp yeryüzüne serbest düşüşle inmeye hazırlanıyorlar. Yüksek basınç kıyafeti ve yaşam destek sisteminin korumasına rağmen çok büyük risk alıyorlar. Bu yükseklikte korunmasız kalan kan kaynar ve insan çabucak ölür. Bizler uzayın çetin koşullarına karşı koyacak şekilde yaratılmamışız.[1]

Bu nedenle Ay'ın ötesine yolculuk yaparken robot yavrularımızı gönderiyoruz. ABD ve Sovyetler Birliği birbirlerine gövde gösterisi yapmak uğruna amansız bir teknoloji yarışına girince uzay programının ilk yıllarında bir alay başarısızlık yaşandı.

Sputnik'in Uzay Yarışı'nı başlatmasından bir yıl sonra, 1958'de ülkeler Ay'a ulaşmaya çalıştılar ve ortaklaşa yaptıkları yedi tane başarısız girişimden sonra ilk başarılı uçuşu

1959'da gerçekleştirdiler. Ne var ki ancak aradan yedi yılı aşkın bir süre ve 22 başarısız girişim daha geçtikten sonra Sovyetler, insansız uzay aracı *Luna 9*'a yumuşak iniş yaptırmayı başardılar. O zaman ABD, Apollo Programı üzerine müthiş bir bahis oynayarak yarışı kızıştırdı ve insanlı uzay uçuşları düzenledi. Mars ve Venüs için de aynı hikâye yaşandı. İlk girişim 1960'ta gerçekleştirildi ve iki süper güç yedi başarısızlığa imza attıktan sonra 1965'te *Mariner 4*, Mars'ın ilk yakın plan fotoğraflarını getirdi. Ondan sonra da kimi başarılı girişimlerde bulunuldu, ama aynı zamanda 18 girişim de hüsranla sonuçlandı. Venüs ise uzay uçuşları için daha da çetin bir yerdi. 1960'lar 17 tane insansız uzay aracının kaybolmasına veya parçalanmasına sahne oldu. Nihayet *Venera 7* yeni bir gezegene inen ilk uzay aracı oldu. 23 dakika boyunca oradan veri gönderdikten sonra, Venüs yüzeyinin kavurucu sıcağında ve ezici basıncında ruhunu teslim etti.

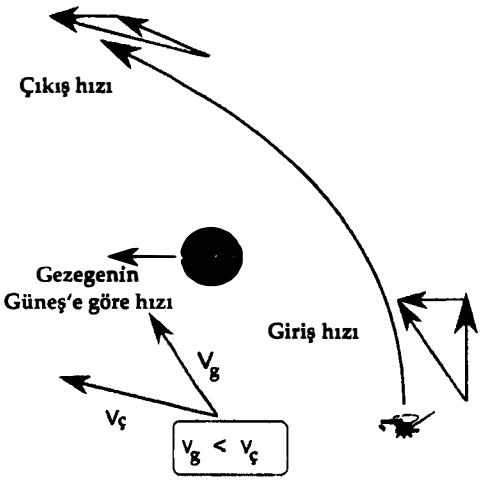
Petrol krizi, gürültülü gülme efektleriyle parlatılan televizyon sitkomları, banal stadyumlarda yapılan rock konserleri, aslan yelesi saç modelleri ve İspanyol paçanın moda olduğu 1970'leri hatırlarsanız, o günlerin aynı zamanda Dış Güneş Sistemi'nin ilk keşfedildiği günler olduğunu hatırlamaktan da mutluluk duyarsınız. *Pioneer 10* asteroit kuşağını geçen ve 1973'te Jüpiter'e uçtuktan sonra Satürn'e dümen kıran ilk sonda oldu. 1970'lerin sonuna doğru *Voyager 1* ve *2* de uzaya fırlatıldı. İkisi de Jüpiter ve Satürn'e indi ve *Voyager 2* Uranüs ve Neptün'ün yanından hızla geçtikten sonra Güneş Sistemi'ni terk etti.

Bu on yıllık süre zarfında uzay kuruluşları bilgi birikimlerini logaritmik bir hızla artırdılar ve kontrol sistemleri ve diğer donanımlarındaki kusurları giderdiler. Sonuç İç Güneş Sistemi'ne başarılı uçuş oranında çarpıcı bir artış oldu. 1960'larda yüzde 35 olan başarı oranı 1970'lerde yüzde 73'e ve son on yılda da yüzde 91'e çıktı.[2] Buna aynı zamanda "atlayışlar" ve "zıplayışlar"ın zorluk derecesinde bir artış da eşlik etti.

Çeyrek asırda epey yol kat etmiş olduk. Uzay Çağı plaj topundan daha büyük ve iri bir adamdan daha ağır olmayan bir Rus uydusunun 4 Ekim 1957'de yörüngeye oturtulmasıyla başladı. *Sputnik* kaliteli bir radyo vericisinden biraz daha işlevsel bir uyduydu. Modern çağ, 1997'de fırlatılan ve 2004'ten beri Satürn ve uydularını bilfiil keşfeden NASA yapımı *Cassini* gibi uzay araçlarına tanık oldu. *Cassini* dolu bir okul otobüsü kadar büyük ve ağırdı ve alengirli cihazlarla donatılmıştı. Karmaşıklık pahalı bir şeydi. Yapımdan itibaren biriken maliyet yaklaşık 3,5 milyar dolardı.

Uçuş planlayıcıları Güneş Sistemi'ni keşfederken zaman, yakıt ve paradan tasarruf etmek için uzay araçlarına "yerçekimi yardımı" ile manevra yaptırmayı öğrendiler. Bir uzay aracının hızını ve yolunu değiştirmek için "yerçekimi mancınığı" adıyla da anılan bir gezegenin veya uydunun yerçekiminden faydalanılabilir. Uzay aracının hızı kendisinden daha büyük bir cismin hızının iki katına çıkabilir (veya inebilir).[3] Çok uzaktan bakıldığında uzay aracı gerçek bir temasta bulunmamış olmasına rağmen gezegenden sekiyormuş gibi görünür. Fizikten hiçbir şey yoktan var olmaz, bu nedenle uzay aracının kazandığı momentum ve enerji, gezegenin kaybettiği momentum ve enerjiye eşittir (Şekil 2.1). Tıpkı bir filin sivrisineği pek hissetmeyişi gibi, uzay aracının gezegenin yörüngesine etkisi de ihmal edilebilir ölçüdedir.

Yerçekiminin en dikkat çekici yardımı Gezegenler Arası Büyük Gezi önerisidir. Guy Flandro, 1960'ların sonunda California'daki NASA Jet İtiş Laboratuvarı (JPL) için çalışan bir stajyerken Güneş Sistemi'nin en dışındaki gezegenlerin on yıl sonra aynı hizaya geleceklerini keşfetti; aynı hadise bir daha ancak 176 yıl sonra yaşanabilecekti. Bu fırsatı değerlendirmek için dört sonda için bir teklif öne sürüldü. Tıpkı su yüzeyinde seken ve her sekişte enerji kazanan taşlar gibi, bu sondalar da dev gezegenlerin yanından uçacak ve Güneş Sistemi'nden dışarı atılacaktı.



Şekil 2.1. Jüpiter'in kullanıldığı bu örnekte, yerçekimi yardımı manevrasıyla uzay aracı gezegene yaklaşır ve gezegenin Güneş çevresindeki yörünge hareketinden dolayı yukarıya itilir. Enerji korunduğundan gezegen enerji kaybetse de çok büyük bir kütleye sahip olduğu için hızında gerçekleşen değişiklik ihmal edilebilirdir. (V_g = giriş hızı; $V_ç$ = çıkış hızı.)

NASA'nın 1970'lerde bütçesinde kesintiler yapması bu büyük vizyonu ve hatta "küçük bir tur" için yapılan diğer önerileri de akamete uğrattı. Öte yandan *Voyager* 2 dört büyük gezegeni ziyaret etmek için yerçekiminden faydalandı. Kardeş sondası *Voyager 1* Jüpiter ve Satürn'ün yanından uçup Güneş Sistemi'nin dışına çıktı ve Dünya'dan 11 milyar milden fazla uzaklaşarak, şimdiye değin en uzağa gitmiş insan yapımı cisim oldu.[4] Yerçekimi yardımı günümüzde uçuş planlamacıları için vazgeçilmez bir uygulama haline geldi. Yakın zamanda gerçekleştirilmiş uçuşlar arasında *Messenger*, 2011'de Merkür'ün yörüngesine yerleşmek için yeterince yavaşlamak amacıyla yerçekimi yardımından faydalandı. *New Horizons* ise Plüton ve Kuiper Kuşağı'na doğru hızlanmak için ondan yararlandı. Plüton'a 2015'te varması bekleniyor.

Güneş Sistemi'ni keşfetmek epey zorlu bir iş, çünkü gezegenlerin arasındaki mesafe gezegenlerin büyüklüklerinden çok daha fazla. Farz edin ki Güneş'i, akkor gazdan yapılmış 3 m çapında bir top olacak kadar küçülttük. O zaman bu ölçek sisteminde Dünya da Güneş'ten 300 m uzaklıkta bir üzüm tanesi olur ve Güneş Sistemi 9,5 km ötede biter. Ay da Dünya'dan bir kol mesafesinde bir bezelyeye dönüşür. Bu küçük mesafeye iki düzine astronot gönderen Apollo Programı enflasyon hesaba katılırsa 30 milyar dolara mal olmuştur. Şu halde o astronotları 200 kat daha uzağa, yani Mars'a göndermenin bugün mali gücümüzü aştığını tahmin edebilirsiniz.

Farz edin ki Güneş Sistemi'ni oturma odanıza soktunuz. O zaman Güneş zar zor fark edilebilen bir milimetrelik bir ışık noktası olacak kadar küçülür. Büyük gezegenler de odanın çeşitli yerlerine dağılmış 0,10 milimetre çapında –insanın bir saç teli kalınlığında– cisimler olur. Dünya görünemeyecek kadar küçülür.

Uzay şaşırtıcı şekilde boştur. Ama bu iyi bir haber, çünkü mobilyalarınız için hâlâ boş yer var demektir.

AİLEYLE TANIŞMAK

Saul ne zaman kendisine ailesi sorulsa omuz silkiyor. Bu kadar çok çocuğu kim takip edebilir ki? Kaybettiği karısı Nuage'den bahsetmekten hoşlanmıyor. Çok genç bir kadındı; trajik bir kayıp oldu. Çocuk sahibi olur olmaz göçtü gitti bu dünyadan. Şeffaf kıyafetler giymiş bir hayalet gibi narindi her zaman. Ama eşine sımsıkı sarılır, Saul öfkeli ve dik başlı iken de serinkanlılığını elden bırakmazdı. Onu bu kadar erken kaybetmek ve geride bıraktığı çocuklara tek başına bakmak kolay iş değil.

Ebeveynlerin çocuklar arasında ayrım yapması doğru olmaz diyor Saul. Hemen parlayan mizaca ve karanlık bir ruh haline sahip Ares'i sevmek zor. Pitbul cinsi iki köpeği insanı

sinirlendirebilir. İsimleri Korku ve Dehşet. Pek hoş isimler sayılmaz. Kahverengi, çirkin ve çok sadıklar. İştar'ın Saul'un gözdesi olduğunu kolayca söyleyebiliriz. Cana yakın ve çok güzel bir sesi var. Asla kalabalığın yolundan gitmeyen aksi bir mizaca sahip olsa da babası gibi olmak istiyor. Erken yaşta bilime merak saran ikizi Gaia ailenin inek öğrencisi. İlk önceleri alt katta fokurdayan cam tüplerde garip kimyasal maddeler kaynatıyordu. Zamanla banyonun perdesindeki kir tabakası her yere yayıldı. Saul ne zaman bunun yol açtığı sıkıntıyı düşünse gözlerini devirip kıs kıs güler.

Hermes de Saul'e çok yakındır ama hiçbir zaman kendi ilgi alanlarını geliştirip bağımsız biri olamadı. Saul'e hâlâ düşkündür ve her zaman onun onayını arar. Ne var ki o artık veliaht değil. Bu rol Jove'ye kaldı. Bir gün her şeyin ona ait olabileceği izlenimini veren egoya ve cüsseye sahip. Her zaman aslan kesilip tuttuğunu koparıyor. İnsanlar onun yoluna çıkmaya cesaret edemiyorlar. Saul ne zaman, Kronos'un takma adı Talip'i ağzına alsa kıs kıs gülüyor. Kronos şık biri ama ailenin reisi olabilecek tıynette değil. Kelos ve Nereos kendi halindeler ve Saul'un başına dert açmıyorlar. Yine de Saul onları birbirine karıştırıyor ve kendine şunu hatırlatmak zorunda kalıyor: Kelos küçük bir çocukken düşmüş ve o zamandan beri asla eskisi gibi olmamış, ayrıca ağzı bozuk oluşuyla da kötü nam salmış; Nereos ise kendi başının çaresine bakan müşfik bir çocuk.

Geniş bir aile. Saul aradan geçen yıllar boyunca ailesini ayakta tutmak, en azından düzeni korumak için elinden geleni yaptı.

Bizler binlerce yıldır gezegenleri insanlaştırıyoruz. Güneş, Ay ve çıplak gözle görülebilen beş gezegen –Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter, Satürn– kültürümüzde derin izler bırakıp, günlere ve belli başlı zaman dilimlerine isimlerini vermişlerdir.[5] Gezegenlerin isimleri Sümerlere dayanır ve bu isimler önce Babil kültürüne, sonra da Yunan, Roma ve Latin kültürlerine geçmiştir.

Hiçbir zaman Güneş'ten fazla uzaklaşmayan Merkür, fiyakalı görünen kanatlı ayakkabılar ve yine kanatlı şapka giyer. Tanrıların en hızlı elçisidir ve ticaret tanrısıdır. Yan iş olarak da yeni ölmüş ruhlara öte dünya yolculuğunda rehberlik eder. Venüs aşkın ve doğurganlığın tanrıçasıdır ama mit aynı zamanda onun olumsuz bir yanına, baştan çıkarıcı cazibesine de değinir. Latince sözcüğün etimolojik kökeni "zehir" kelimesininkiyle aynıdır. Belki de Romalılar, Venüs'ün atmosfer örtüsünün altındaki zehirli cehenneme önceden işaret etmişlerdi. Mars gezegenine, gökyüzünde kırmızıya çalan rengiyle gezinmesi nedeniyle, askerlik tanrısı olma şerefi bahşedilmiştir. Mars, Roma'nın kurucusu Romulus'un babasıdır ve bütün Romalılar onun soyundan geldiklerine inanır. Jüpiter'le birlikte tanrılar tapınağının zirvesine ulaşırız. Satürn'nün oğlu, Mars ve Merkür'ün babası olan Jüpiter sema ve gök gürültüsü tanrısıdır. Roma İmparatorluğu'nda konsül yeminleri onun adına yapılır ve gösterişli boynuzları olan beyaz bir öküz ona kurban edilirdi. Satürn tarım ve hasat tanrısıydı. Onun onuruna düzenlenen şenlikte efendiyle kölenin rolleri değişir, unvanlar önemsenmez ve normal ahlaki kısıtlamalar bir kenara atılırdı.

Teleskobun icadından sonra yeni gezegenler keşfedildikçe, gelenek devam etti. Uranüs Yunan mitolojisinde iyi huylu bir figürdü. İlk tanrılardan olan Uranüs, Baba Tanrı olarak da bilinir. Tahmin edilebileceği gibi Romalılar onun geçmişine dair renkli bir hikâye uydurmuşlardır. Buna göre Uranüs her gece gelip yeryüzünü kaplar ve sonra Gaia ile birleşir. Fakat Gaia'nın doğurduğu çocuklardan nefret ettiği için karanlık yeraltı dünyası olan Tartaros'a onları hapseder. Gaia çocuklarından en cesur olanı Kronos'u Uranüs'ü hadım edip yenmeye ikna eder. Neptün suların, denizlerin ve atların tanrısıdır. Romalılar deniz zaferlerinden sonra onu onurlandırırlardı ve günümüzde de pek çok donanma ve ticaret filosuna bağlı gemilerde ilk kez ekvatoru geçen denizciler için Kral Neptün'ün

dikkatli bakışları altında denizcilik dünyasına giriş törenleri düzenlenir.[6]

Peki ya zavallı gayri meşru Plüton içine ne diyeceğiz? Taş kalplilik edip onu es geçeceğim ve bunun sebebini de gezegenlerin astronomik incelemesine geçerken açıklayacağım.

Yunanlılar, gezegenleri Güneş çevresindeki yörüngelerde gezinip hayvan burçlarını –koç, boğa, yengeç, aslan, akrep, balık ve garip görünümlü deniz-keçisi– gözlemleyen tanrılar olarak değil uzaydaki dünyalar olarak görmenin yolunu açtılar. Modern anlamda gezegen kavramı Galileo ile başladı. Biz onu küçük teleskobuyla aya bakarken durup, gaz lambasının ışığında çalıştığı suluboya ay resimlerine eklemeler yaparken hayal ederiz. Şarap ve ekmek ziyafeti için mola verdikten sonra gökyüzünde güneydoğuda bulunan Jüpiter'in yerini tespit etmek için çalışma yerine döner. Yaz mevsiminin gece havasında resimleri hafif parıldasa da Jüpiter'in dört çıkıntısını apaçık görebilmektedir. Onların konumu son gözleminden bu yana hafif değişmiştir ve bunu karalama defterine kaydeder.[7]

Onun teleskobundan bakıldığında Jüpiter süt renginde bir ışık diski, uzayda asılı duran bir uzak Dünya gibi görünür, ama uyduları bağlı oldukları gezegenle düzenli dans eden noktalar gibidir. Galileo'nun Jüpiter'in uydularıyla ilgili gözlemleri Kopernik modeline destek oldu. Kopernik modeline göre Dünya Güneş Sistemi'nin merkezinde değildi. Uydulara hamisi Medici ailesinin fertlerinin adını verdi, ama sonunda uydular Zeus'un sevgililerinin adlarını aldılar. Ancak 1995'in sonunda *Galileo* adındaki bir uzay aracı Jüpiter'e varınca uydularını yakından görebilme fırsatını yakaladık.

Galileo sondası büyük uydulara bir dizi cesur uçuş yaptı. Ateş ve buzdan oluşan egzotik dünyalar keşfetti. Ganymede Güneş Sistemi'ndeki en büyük uydudur, Merkür'den bile büyüktür. Eriyik halinde bulunan bir demir çekirdeğe, kayalık ve buzul bir yüzeye sahiptir ve yüzeyin 200 kilometre

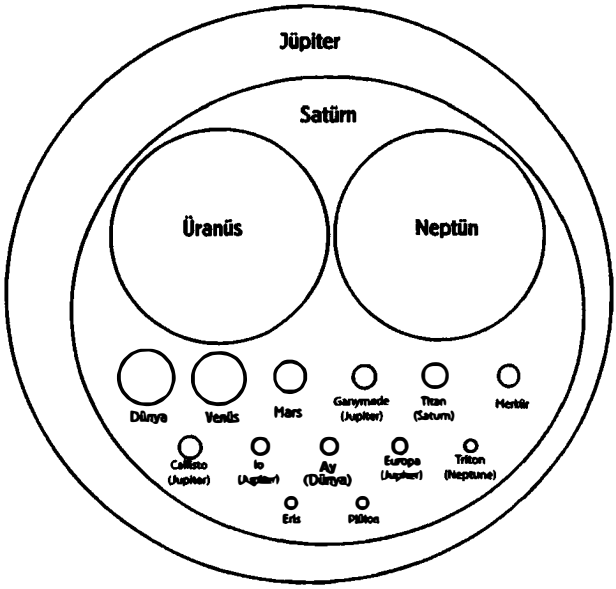


Şekil 2.2. *Galileo* sondasının gönderdiği resim Europa'nın kırılmış buz tabakalarıyla kaplı yüzeyini göstermektedir. Kırık, parçalanmış tabakalar, Dünya'nın kutup bölgelerindeki buzulları andırmaktadır. Çatlaklar ve aralıklar içeriye su sızıp harekete yol açtığı izlenimini uyandırmaktadır. Görülebilen en küçük yapı yaklaşık 1 kilometre boyutlarındadır.

altı büyük ihtimalle tuzlu bir okyanustur. Callisto sonraki en büyük uydudur ve yüzeyi yoğun şekilde kraterlerle kaplıdır ve yüzeyden 100 kilometre aşağıda muhtemelen bir okyanus bulunmaktadır. Sonra Io gelir; 400 aktif volkanıyla garip bir uydudur. Io, Güneş Sistemi'nde jeolojik açıdan en aktif cisimdir ve her yıl volkanlardan çıkan ham sülfür uydunun yüzeyinde 2,5 santim kalınlığında bir tabaka oluşturmaktadır. Europa uyduların en küçüğüdür, bizim Ay'ımızdan biraz daha ufaktır. Buzdan bir bilardo topuna benzer; 100 kilometre derinlikteki bir okyanusun üzerinde uzanan birkaç kilometrelik bir buz kütlesidir. Dünya'dan bir milyar mil uzaktaki bu su dünyası geleceğin uzay sondaları için en ilginç hedeftir (Şekil 2.2).

Bizim gezegenler ailemiz ilginç olayların gerçekleştiği, çok değişik yapılar barındıran münferit uydulara sahiptir ama Güneş Sistemi'nde belli başlı iki kategori vardır: Karasal gezegenler, Dünya ile Güneş arasındaki mesafenin beş katını geçmeyecek şekilde Güneş'e yakın dururlar. Bu cisimler küçük, kayalık ve yoğundur. Çoğunlukla kayalardan ve metallerden oluşan katı yüzeylere sahiptirler. Bu kardeş gezegenler –Merkür, Venüs, Dünya ve Mars– bekârdır, çok çocukları yoktur ve yüzük takmazlar. Gaz bulutundan oluşan gezegenler, Güneş'e Dünya ile Güneş arasındaki mesafenin 5 ila 30 katı kadar uzaktadırlar. Büyüktürler ve düşük yoğunluğa sahiptirler. Güneş ile aynı kimyasal maddelerden oluşmuşlardır: hidrojen, helyum ve bunlardan daha ağır birkaç element. Her biri muhtemelen Dünya'nın kütlesinin 3 ila 10 katı büyüklüğünde, kayadan yapılmış küçük birer çekirdeğe sahip olmakla birlikte, bu henüz kanıtlanmış değildir. Bu çok yakın aile fertleri –Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün– birçok küçük uyduya sahiptir (dördünü ele aldık) ve süslü yüzükler takarlar (Şekil 2.3).[8]

Güneş Sistemi aynı zamanda küçük kayasal cisimler de barındırır. Bunların en dikkat çekicileri, Mars ile Jüpiter'in yörüngeleri arasında bulunan Asteroit Kuşağı'nda yer alır. Bunlar muhtemelen o yerde oluşamamış bir gezegenden kalan artığı temsil etmektedirler. Güçlü kudretli Jüpiter kıskançtı ve rakibini ekarte etmek için nüfuzunu kullandığını tahmin ediyoruz. Jüpiter, yörüngesini saygılı bir mesafeden takip eden, ona çok düşkün asteroitlere sahiptir. Ayrıca İç Güneş Sistemi'nde dolanan asteroitler de mevcuttur; bunların bazıları Dünya'nın yörüngesiyle kesişen yörüngelerde dolanırlar ve dev gezegenler arasında yaşayan ve Centaur adı verilen taştan cisimlerdir. Kuiper Kuşağı Dünya-Güneş mesafesinin 30 ila 50 katına uzanan ve taştan çok buzu andıran biçimsiz cisimleri içeren bir kuşaktır; 50 kilometreden 100.000 kat daha büyüktür. Güneş Sistemi'nin sınırını gösteren cisim



Şekil 2.3. Güneş Sistemi'ndeki sekiz gezegenin ve diğer büyük gökcisimlerinin göreli büyüklükleri. Karasal gezegenler ile gaz devleri arasındaki sınır ve Plüton'un anormal küçüklüğü bariz görülmektedir. Güneş Sistemi'ndeki en büyük yedi uydu da gösterilmiştir.

Oort Bulutu'dur. Bu küresel küme bir trilyon kuyrukluyıldız barındırır ama hepsi birlikte Dünya'nın kütlesinden çok daha küçük bir kütle oluşturur.

Herhalde şimdi yeraltının kralı, ölümün ve ölümcül hastalıklar tanrısı Plüton'u büsbütün unuttuğumu düşünüyorsunuzdur. 1903'te keşfedilmesinden sonraki 76 yıl zarfında Plüton kâğıt üzerinde gezegen diye geçiyordu. Fakat astronomlar onun bu statüsünden giderek daha fazla rahatsız olmaya başladılar, ne de olsa çok tuhaf bir cisimdi. Tuhaf denecek ölçüde aşırı elipsoid yörüngesi Plüton'u Güneş'e Neptün'den daha fazla yaklaştırır ve Güneş'ten Dünya-Güneş mesafesinin 49 katı kadar öteye götürerek uzaklaştırır. Kütlesi ve boyutla-

rının kocaman gezegenlere kıyasla minicik oluşu dikkat çekicidir. Ve uydusu Charon'un, kendisinin yaklaşık yarı büyüklüğünde olması da gariptir.

Neptün'ün yörüngesinin ötesinde Plüton'a büyüklük bakımından rakip gökcisimlerinin ve hatta onlardan daha büyük olan Eris'in keşfedilmesi kafaları karıştırdı. Şayet Plüton'u gezegen olarak kabul edersek o zaman Eris'i de gezegen saymamız gerekiyordu.[9] Araştırmacılar Güneş Sistemi deryasında binlerce benzer cisim olduğunu ve bunların arasında Plüton'dan büyük olanların da bulunduğunu düşündüklerinden bir gezegen kalabalığı oluşacak ve insanlar yeni isimlerin hepsini hatırlamakta zorlanacaklardı. Bu nedenle Plüton teklifsizce "cüce gezegen" statüsüne indirilip bir kenara itildi.

DERİN ZAMAN

Dünya'nın, Ay'ın ve gezegenlerin oluşum hikâyesini anlatmak ve tüm evrenin daha uzun hikâyesinin çerçevesini çizmek için zamanı ölçmeye yarayan bir yönteme sahip olmalıyız. Yalnızca saatten kolaylıkla öğrenebildiğimiz gündelik zamanı değil kısa insan hayatını kapsayan "derin" jeolojik ve kozmik zamanı da ölçmemiz gerek.

İnsanlar her zaman gün içinde zamanı kaydetmek için mekanik cihazlar ve daha uzun zaman ölçekleri için de astronomik döngüler kullanmışlardır. Mücevher taşı veya sıradan bir taşta açılan küçük bir delikten düzenli bir aralıkla damlayan suyla çalışan su saatleri, MÖ 1500'de Mısırlı firavun I. İmhotep zamanından beri kullanılmıştır. Kum saatlerinin geçmişi de antikçağa uzanır. Çinliler on birinci yüzyılda mekanik saat maşasını icat ettiler ve bazı Avrupa saatleri asırlarca çalışmaya devam etti. Galileo sarkacın çalışma düzenini kavrayıp geliştirerek saatlerin dakikliğine katkıda bulundu.

Ay ve Güneş takvimleri binlerce yıldır kullanılmaktadır, ama eğer zamanı izlemek için sadece insan yapımı şeyleri kullansaydık, on binlerce yıldan sonra hevesimiz kaçabilirdi. Milyonlarca yıl öncesine dönüp bakmak için jeolojik kayıtlar kullanılır. Dünya hareketli bir gezegendir; erozyon ve tektonik etkinlik kayaların düz biçimde tabakalaşmasını engeller. Fakat geniş kara kütlelerinin üzerine düşen su ve uçuşan tozun mevsimsel değişimleri gayet düzenlidir. Antarktika kıtasındaki buz katmanları ve Moğolistan'daki ince taneli kumullar yaklaşık 10 milyon yıl öncesine dair izler içeren iki örnektir. Dünya'nın yörünge periyodunda ve dönme ekseninin yönündeki uzun vadeli döngüsel değişimlerin kayalarda bıraktığı örüntü izleri, her ne kadar tatmin edici bir kesinlikle olmasa da, 250 milyon yıl öncesine kadar okunabilmektedir.

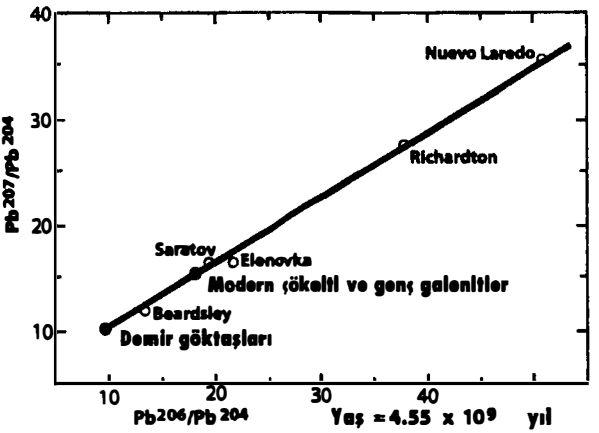
Milyarlarca yıllık zaman dilimlerini –ve saniyenin milyarda biri kadar kısa anları– ölçmek için bilimadamları radyoaktiviteye başvuruyorlar. Doğal olarak oluşan bazı ağır elementler yapıları gereği kararsızdır. Bu elementler, atomlarının kendiliğinden parçalanması suretiyle daha küçük bir elemente dönüşür. Radyoaktif bozunma çok garip ve aynı zamanda çok faydalı bir özelliğe sahiptir. Tek bir radyoaktif atomun bozunması asla önceden tahmin edilemez. Ne var ki atomların geniş kümesinin ortalama bozunma zamanı kesinkes belirlenebilir. Normalde çok sayıda "Bilmiyorum" ifadesi birleşip "Gayet iyi biliyorum" etmez ama kuantum mekaniği acayiptir ve mantığa ters düşer. Bir radyoaktif atom kümesinin yarısının bozunması için geçen süreye yarılanma ömrü denir. Radyoaktif bozunma atom çekirdeği gibi korunaklı bir yerde gerçekleşir ve ısı, basınç ve kimyasal tepkimelerden etkilenmez. Bu da demektir ki yeterince eski kayaçlar bulabildiğiniz sürece, Dünya gibi faal bir gezegenin jeolojik keşmekeşi içinde radyometrik tarihlendirme kusursuz işlemektedir.[10]

Jeologlar oluşum zamanından buyana hiç değişmeden günümüze ulaşmış kayalar bulmak için yeryüzünü didik didik

aramışlardır. Eğer bir kaya –yerkabuğundan mantoya geçerken olduğu gibi– erirse radyoaktif bozunmanın son ürünleri kaçar veya tekrar dağılır, bu nedenle jeologlar Avustralya, Güney Afrika ve Kuzey Amerika'nın bazı kısımları gibi antik kıta kütlelerini incelerler. Değişmeden günümüze kadar gelmiş en eski kaya, buzullaşma nedeniyle açığa çıkmış antik kayalar silsilesinin bir parçasını oluşturan, Kanada'daki Acasta Gneiss kayasıdır. 4,03 milyar yaşındadır.[11] Yeryüzünde bulunan en eski madde Batı Avustralya'daki Jack Hills bölgesinde bulunan zirkon kristalidir. Bu yarı kıymetli minik taş 4,4 milyar yaşındadır.[12] İyi.

Ay jeolojik açıdan durgun olduğu için değişmemiş eski kayalar bulmak açısından daha iyi bir yerdir. Apollo astronotlarının çoğunu son üç inişte getirdikleri vurgunun toplam ağırlığı 380 kilogramdır. Rusların üç Luna uzay aracı toplam yarım kilodan az kaya örneği getirdi ve 1980'den itibaren 120 ay meteoridi toplandı; "bedelsiz numuneler" toplam 48 kilogram kadardır. Jeoloji tartışmalarına ilgi duymayan kişiler bile ay meteoritlerinin değerini merak ederler. İnternetteki itibarlı satıcılardan edindiğimiz bilgilere göre gram başına fiyat 10.000 ila 20.000 dolar arasında değişmektedir. Bunu yüksek kalitedeki elmasın gramının 1000 ila 2000 dolar arasında değişen değeriyle veya gramı 50 dolar olan saf altının değeriyle kıyaslayabilirsiniz.[13] Aydaki en eski kayalar yüksek yerlerdeki anortozitlerdir. Rengini atarak kristalleşmiş bu kayalar oluştuktan hemen sonra ayın magma okyanusunun yüzeyinde bir cüruf tabakası gibi yüzmüştür. *Apollo 16*'nın getirdiği numuneler 4,46 milyar yıl yaşındaydı.[14] Ay Dünya'nın oluşum tarihinin çok erken evresinde meydana geldiği için bu bizi Güneş Sistemi'nin yaşına yakınlaştırıyor. Daha iyi.

Gezegenlerin oluşumunun en güvenilir izleri Güneş nebulasının çöküşünden beri değişmeden kalmış bazı ilk meteoritlerdir (Şekil 2.4). 49.000 yıl önce Kuzey Arizona'da Barringer Krateri'ni açarak infilak etmiş Canyon Diablo me-



Şekil 2.4. Güneş Sistemi'nin yaşı uranyumun farklı izotoplarından oluşan çeşitli kurşun izotoplarının bozunma sonucu ortaya çıkan ürünlerinin nispi çokluğuna göre hesaplanır. İki farklı bozunma yoluyla bu grafik, değişik taş örneklerinden ve demir meteoritlerinden yola çıkılarak Dünya'nın yaşı konusunda neredeyse tam bir fikir birliğine ulaşıldığını göstermektedir.

teoridi ilk defa 1950'lerin başında bu ölçüm için kullanıldı. Uranyum içeren herhangi bir numune atomik bir sağlama işlemine olanak verir. Şöyle ki, 700 milyon yıllık yarılanma ömrü olan uranyum-235 kurşun-207'ye dönüşürken, 4,5 milyar yıllık yarılanma ömrü olan uranyum-238, kurşun-206'ya dönüşür. Bu çalışmalar bizi Dünya'nın ve Güneş Sistemi'nin yaşının 4,57 milyar yıl olduğunu sonucuna götürmüştür.[15] Çok iyi.

Kronometrelerin kesinliği, gezegenleri inceleyen jeologların bir milyon yıl üzerine ara sıra tartışmaya girişebildikleri noktaya varmıştır. (Pek uygun bir benzetme değil, ama bu tarak için kavga eden bir kel adam resmini akla getiriyor.) Bu aralıklar toplam yaşa göre küçüktür ama Güneş Sistemi çabuk meydana geldiği için önemlidir.

KOZMİK BİLARDO

Her yana dağılmış muazzam bir gaz ve toz bulutunun birdenbire başlattığı kaçış faaliyetleriyle düzenli yörüngeler üzerinde seyreden az sayıda bir dizi kayalık cisimle çevrilmiş alev alev yanan genç yıldız nasıl oluştu?

Bu soru astronomları ve gezegenleri inceleyen bilimadamlarının kafasını uzun zaman kurcalamıştır. Onların bulduğu cevap şudur: Ateş ateşten gelir. Güneş sistemimiz 4,5 milyar yıl önce Güneş nebulasının yakınlarında büyük bir felaket yaratarak ölmüş bir ya da daha çok yıldızın izlerini taşır.[16] Meteoritler oluşum sürecini yeniden kurgulamak için kullanabileceğimiz çok çok eski materyallerdir. Evrendeki demirin çoğu kararlı demir-56'dır, ama meteoritler onun radyoaktif kardeşi demir-60'tan ufak bir miktar taşırlar. Fakat daha ziyade bozunarak kararlı bir hale geçen demir-60'ın ürünü nikel-60 içerirler. Demir-60'ın yarılanma ömrü sadece 1,5 milyon yıl olduğundan ve masif bir yıldız söndüğünde meydana gelen patlama dalgası içinde oluştuğundan, Güneş Sistemi meydana gelirken bir süpernova patlaması gerçeklemiş olmalıdır ve bu patlamanın ilk çöküşü tetiklediğini varsaymak akla uygundur.[17]

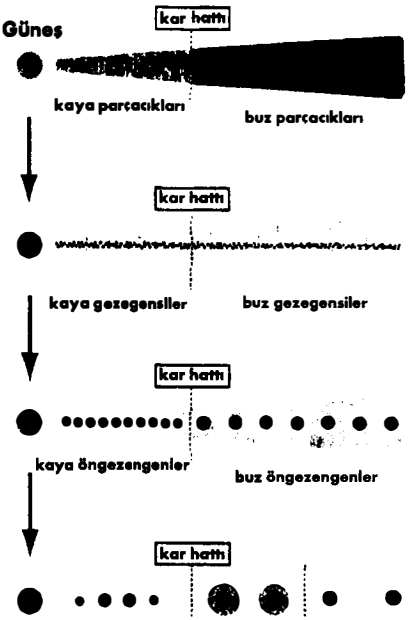
Yıldızların doğum ve ölüm hikâyeleri döngüseldir. Büyük bir patlama sonucu ölen yıldızlar yeni yıldızları meydana çıkarır ve bu döngü Samanyolu galaksisinde 11 milyar yıldan beri sürüp gelmiştir. Bu hikâye aynı zamanda bizim hikâyemizdir. Yıldızlar madde saçtığında, gezegenlerin ve insanların oluşması için gereken ağır elementlere sahip yıldızların arasındaki bölgeyi döller. Vücudumuzdaki her karbon atomu, Güneş Sistemi oluşmadan çok önceki zamanların birinde uzayın uzak bir köşesindeki bir yıldızın kazanında dövülmüştür.

Sonradan cereyan eden şey olağanüstüdür: Kozmik bir göz açılıp kapanıncaya kadar geçen zaman içinde toz zerreleri kayalık dağlara dönüşür.

Bebek Güneş Sistemi kütleçekimsel çöküşten sonra değişken genç bir yıldızı çevreleyen yoğun bir gaz ve toz diskine dönüşmüştü. Güneş hidrojeni helyuma dönüştürmeye başlamadan önce enerjik ve devingendi. Birkaç milyon yıllık bir süre zarfında grafit, kaya ve buzdan oluşan çok küçük toz zerreleri birleşerek toz yumakları gibi nazik, gevşek kümeler oluşturdu. Elektrostatik kuvvetler ilk başta bu kümeleri bir arada tutuyordu, ama kümeler kocaman kaya ve sonra da dağ büyüklüğüne ulaşınca kütleçekimi baskın çıktı. Sıkı işleyen kütleçekimiyle büyüme süreci hızlanabildi ve yüzlerce yavru gezegenin oluşması sadece birkaç yüz bin yıl aldı. Sonra işler çığırından çıktı.

Büyüklük bakımından şehirlerden geniş ülkelere kadar uzanan bir yelpazeye sahip bu yavru gezegenler eliptik yörüngelerde hareket ediyorlardı, dolayısıyla birbirleriyle etkileşime geçip çarpışıyorlardı. Bazı çarpışmalar tahrip ediciydi ve küçük parçacıklar vücuda getiriyordu; diğerleriyse daha yumuşaktı ve daha büyük bir cismi meydana getiriyordu. Oluşum evresi yaklaşık 100 milyon yıl sürdü ve bize sekiz gezegen bıraktı. Diskteki artık gazlardan Güneş'e Dünya'dan daha yakın olanlar genç Güneş'in radyasyonuyla uzaklaştırıldı, böylece gezegenler kayalık yerler oldu. Su, amonyak ve karbondioksit gibi buharlar daha uzağa gidip dondu, böylece taş ve buzdan ibaret daha büyük cisimler oluştu (Şekil 2.5). Kayalık çekirdekler hidrojen ve helyumu birleştirmeye yetecek güçte kütleçekimine sahipti ve gazdan meydana gelen dev gezegenlere dönüştüler.[18] Bu seyir içinde ay, eriyik haldeki Dünya'dan koptu; Venüs bir tekme yediği için diğer gezegenlerin hepsinden farklı yönde dönmeye başladı. Güneş Sistemi'ndeki en çarpıcı mevsimsel değişimleri sergilemesi için Uranüs'ün kulağı çekildi.

Bu cehennem evresi bittikten sonra bile gezegenler henüz eğlencelerini ve oyunlarını bitirmiş değillerdir. O zamanlar gezegenlerin Güneş'e olan mesafeleri şimdiki gibi değildi.



Şekil 2.5. Erken Güneş Sistemi'nin bir kesiti. Don veya kar hattında sadece küçük kayalık gezegenler oluşabilir. Bu mesafenin ötesinde kayalar ve buzlar birleşerek daha büyük çekirdekler oluşturur ve bu çekirdeklerin çevresini soğuk gazlardan gelen hidrojen ve helyum kılıfları sarar.

Güneş nebulasında kalan son gazla etkileşimlerinden dolayı karasal gezegenler daha iç taraflara sokuldular ve gaz devleri geriye kalan yavru gezegenlerle etkileşimden dolayı yörüngelerini biraz değiştirdiler. Satürn, Uranüs ve Neptün düzenli olarak dışa doğru hareket etti. Bu arada Jüpiter içe sokuluyordu ve materyalinin çoğunu ya Güneş'e doğru ya da Güneş Sistemi'nin tamamen dışına doğru saçarak, Asteroit Kuşağı mesafesinde bir gezegenin oluşmasını engelledi.

Oluşumdan yarım milyar yıl sonrasına kadar, dış gezegen göçü düzenli ve yavaş yavaş devam etti. Sonra Jüpiter

ve Satürn, Jüpiter'in Güneş'in çevresindeki yörüngesinde iki kez dönüşüne karşılık Satürn'ün kendi yörüngesinde bir kez döndüğü geçici bir safhaya vardılar. Böyle bir rezonans oluştuktan sonra gezegenlerin birbirleri ve komşuları üzerindeki etkisi arttı.[19] Rezonans halindeki gezegenler steroit verilmiş gezegenler gibidir. Neptün birden Uranüs'ün yanından geçip Dış Güneş Sistemi'ndeki kayalık kalıntının içine daldı ve onun büyük bir kısmını iç kesimlere gönderdi. Jüpiter'in yanından geçerken dev gezegen onun bir kısmını dışa savurarak kuyrukluyıldız bulutu oluşturdu, bir kısmını biraz daha öteye savurarak Kuiper kuşağını oluşturdu ve keza bir kısmını da İç Güneş Sistemi'ne doğru savurdu.[20] Bu senaryo Ay ile Merkür'ün çarpışma tarihindeki eski bir gizemi çözmektedir. Dev çarpışmaların hızı kesildikten çok sonra, 3,8 ila 3,9 milyar yıl önce gerek Ay gerekse Merkür'deki krater sayısı artmıştı. "Geç yoğun bombardıman" artık Güneş Sistemi'nin hikâyesinin standart bir bölümünü oluşturmaktadır. Böyle bir şey Dünya'nın başına gelse, daha yeni başlamış olan hayatın bu yıkımı atlatıp atlatamayacağı belli değildir.

Güneş Sistemi artık yaramaz bir çocuk olmasa da tamamen yatışmış da değildir. Hesaplamalar ve bilgisayar simülasyonları gezegenlerin yörüngelerinin uzun vadeli değişimlere maruz ve kaotik olduğunu göstermektedir. Bundan milyarlarca yıl sonra muhtemelen Dünya'nın eksen eğikliği artacak ve Merkür ile Mars'ın yörüngeleri iyice kararsız hale gelince bu gezegenler Dünya'yla çarpışacak veya Güneş Sistemi'nin dışına savrulacaktır.

Uydular aynı süreçlerin küçük çaplı versiyonlarını oluşturur. Jüpiter ve Satürn'ün büyük uyduları birbirine yakın durur ve ana gezegenleriyle aynı yönde dönüp ekvator düzlemini işgal ederler. Her bir gezegene halka sistemini bırakan aynı maddeden oluşmuşlardır. Dış uydular dışmerkezli yörüngelere ve gelişigüzel yörünge eğikliklerine sahiptirler ve ana gezegenin dönüş yönünün tersine dönerler: Bu, onların

yakalanmış gökcisimleri olduğunun bir işaretidir. Sözgelimi, Phobos ve Deimos, Mars tarafından yakalanmış asteroitlerdir. Neptün'ün uydusu Triton Kuiper Kuşağı'ndan yakalanmıştır. Plüton'un büyük uydusu Charon'un, tıpkı Dünya'nın uydusu gibi bir çarpma sonucu oluştuğu düşünülmektedir.

Galileo Jüpiter'in yörüngesinde dönen dört ışık noktasının hareketlerini izlerken, bu uyduların ne denli ilginç olduğunun ileride anlaşılacağını herhalde aklından geçirmiyordu. Her biri buz kaplı dev birer kayaydı, ama içerikleri Jüpiter'e olan uzaklıklarına göre değişiyordu. İç tarafa sokulan Io ekseriyetle metal ve taştan oluşuyordu ve genç ve sıcakken Jüpiter tarafından pişirilip kurutulmuştu. Europa yüzde 90 kaya, yüzde 10 buzdur. Ganymede yüzde 60 kaya, yüzde 40 buzdur. Callisto ise eşit oranda kaya ve buz içerir. Neredeyse kusursuz ahenge sahip bir rezonans içinde yörüngelerinde dönerler. Io, Jüpiter'in çevresini 42 saatte döner. Ve Io, Europa ve Ganymede kabaca 1:2:4 oranlarıyla ifade edilebilecek devirlere sahiptir. Onları daha yakından gözlemlemek için bir uzay aracını göndermemizin en az on yılı bulacağı tahmin ediliyor.

Güneş Sistemi'nde yolculuk ederken buradan ve şimdiden uzaklaşmaya başlarız. Işığın Jüpiter'den bize ulaşması, gezegenlerin yörüngelerinin neresinde bulunduklarına bağlı olarak 35 ila 50 dakikayı bulur. Görev kontrol merkezi verdikleri komutun gerçekten yerine getirilip getirilmediğini öğrenmek için bir saat öylece beklemek zorundalar. Yakınımızdaki Mars'a bile ışığın gidip gelişi 8 ila 40 dakikayı bulmaktadır. NASA mühendislerinin, kafalarında kovboy şapkalarıyla çığlıklar atıp bağrışarak bilgisayar oyunu oynayan çılgınlar gibi o küçük gezi araçlarını sürdüklerini hayal edebiliriz. Aslında kılı kırk yararlar; düzenli, tertiplidirler ve kontrol listelerine sıkı sıkıya bağlıdırlar. Ne zaman bir adım ilerleme komutu verseler bir terslik olmadığından emin olmak için yarım saat beklerler ve sonra yeni komut verirler. Biraz daha ilerlerler.

İlerledin mi? Evet. İyi misin? Evet, sanırım. Epey yol aldık. Bana inanmanı istiyorum. Gerçekten iyiyim ben, sadece şanjmanda biraz kızıl toz var, o kadar. Pekâlâ, ileriye 3 adım daha atmak şimdi daha kolay. Vazgeçtim, olabildiğince yavaş ilerleyeceğim. Bir Mars gününde gezgin araçlar oturma odanızı zar zor geçerler.

Bir saatlik gecikme, başından sonuna kadar bir uzay uçuşunu yerine getirmek için gereken zamanla kıyaslandığında anlık bir doyum gibi gelir. Planlama aşamasında doktoralarını yeni tamamlamış olan genç mühendisler, uzay aracı hedefine ulaşıp veri göndermeye başladığı zaman, saçları ağarmış kıdemli uzmanlar haline gelmiş olacaktır. Başarısızlıkla sonuçlanan her görev nice kariyeri ziyan eder ve bir milyar mil mesafedeki uzak bir dünyaya yakından bakmak için karmaşık bir donanım göndermek riskli bir girişimdir.

Fakat bunun keyfini neden robotlar sürsün ki? Şayet uzay seyahati konusunda ciddiysek insanların Ay'ın ötesinde Güneş Sistemi'ndeki daha heyecan verici yerlere gitmeye cesaret edecekleri zamanlar da gelecektir. Bu bölümün girişindeki kısa hikâyeyi hayata geçirmek için ne kadar zaman gerekiyor? Mars'a insanlı uzay aracı gönderme planları yıllardır yapılıyor ama bu planlar kavrulan bir asfalt yolda görülen seraba dönüşmüş durumda.[21] Son tahminlere göre Mars'a astronot göndermek 2030'dan önce mümkün gibi görünmüyor ve maliyeti de 30 milyar doları aşmış durumda. Maliyeti azaltmak için sadece gidiş yolculuğu yapmayı savunanların sayısı artıyor. Bu kişiler arasında NASA Ames Yöneticisi Simon "Pete" Worden ve "Ay'ı boş ver, hadi Mars'a gidelim!" diyen astronot Buzz Aldrin de yer alıyor.

Gaz bulutundan oluşan dev gezegenler çok sönük görünürler. Güneş'e Dünya'dan on kat daha uzaktırlar ve Güneş'ten Dünya'nın aldığından 27 kat daha az ışık alırlar. Arthur C. Clarke 2040'da Sovyet-Amerikan ortak uçuşuyla Europa'ya yolculuk edeceğimizi hayal etmiştir. Gerçek

Dünya'da, NASA'nın bildirisinde insansız bir Europa kâşifi bulunuyor; 2026'da oraya varması için 2020'de 4,7 milyar dolar maliyetle fırlatılması bekleniyor. Belki de birkaç milyar dolar eklenerek bu keşif aracı altı yıllık yolculuk için yeterli yaşam desteğiyle basınçlı bir "çilehane"yi de alacak şekilde yeniden düzenlenebilir. Mars'a tek yönlü yolculukta oraya gidecek ve –ölecek olsa da– daha önce kimsenin görmediği şeyi görecek gönüllü kişiler bulmakta zorlanmayız.

Bu arada küçük bir teleskopla Europa'ya bakmak görmek daha kolay ve cazip bir alternatif. Ve bazen gözlemin ilk anı yeterince zevklidir.

Hawaii'de doktora sonrası dönemdeyken gözlemlerimin çoğunu, Big Island adasında deniz seviyesine göre 4200 m yüksekliğindeki sönmüş yanardağ Mauna Kea'da yaptım. Mauna Kea dünyadaki en büyük teleskop koleksiyonunu barındırıyor. Bunların çoğu profesyonel teleskop operatörleri tarafından kontrol edilen çelik ve camdan yapılma dev aygıtlar. Bilgi toplamak için onları kullanan astronomlar tarafından geziye çıkarılamayacak kadar değerli ve hassas aletler. Fakat Hawaii Üniversitesi de 60 santim odak uzaklığına sahip bir teleskop kullanıyor.

Bir akşam zirveye çıkarken yanıma bir arkadaşımı aldım. Mike psikologdur ve üniversitedeki bir araştırma kliniğinin başındadır; daha önce hiç teleskoptan bakmadığını söyledi bana. Zirvesi ay ışığının aydınlattığı bulutların üzerine çıkan volkanın manzarası harikuladedir. Fi tarihinden kalmış onca yıldız parıldar yukarıda.

Mike sıkı giyinmişti ve teleskobu Jüpiter'e ayarlamamı beklerken buz gibi soğukta ısınabilmek için ayaklarını yere vuruyordu. Elimden geldiğince hızlı çalışıyordum ve soğuktan ellerim donuyordu. Derken işi bitirdim ve metal merdivene çıkıp mercekten bakması için Mike'a seslendim. Mike güler yüzlü, sakin ve kendine yeten biridir, kimsenin ilgisini çekmeye çalışmaz. Fakat Mike merdivenleri tırmanıp mercekten bakınca,

Galileo'nun bu manzaraya tanık olmasının üstünden dört asır geçtikten sonra, Jüpiter ile uydularını görür görmez coşkulu bir nara attı.

* * *

Karanlık gökyüzüne bakarken bazen Dünya'yı gözden yitirince bir panik dalgası içimi sarıyor. Zamanda rahatsız edici bir kayma olsa da ana gezegene göbekten bağlıyım. Dünya'yla kıyaslandığında yumuşak dalgalı bulutları ve inişli çıkışlı yeşil tepeleriyle bu yer sade kalıyor. Pürüzlü buz kütlesi aman vermeden alabildiğine uzanıyor.

Yakındaki tepeye doğru yola çıkmaya çalışıyorum ve hareket edemediğimi görüp şaşırıyorum. Yere bakınca ayaklarımın bileklerine kadar buza battığını görüyorum. Yeniden bir kaygı dalgası içimi sarıyor. Ne oluyor burada? Sonra fark ediyorum ki uzay giysimin içindeki güç kaynağı ayaklarımın altındaki buzu eritecek kadar ısı üretiyor ve yukarı süzülen su donuyor. Yavaşça ve düzenli şekilde. Olan biteni seyrederken birkaç milimetre daha buza batıyorum. Bütün gücümle dönüp ayaklarımın tekini dışarı çıkarmaya çalışıyorsam da boşuna. Buz onu sımsıkı tutmuş.

Çevremdeki mavi-beyaz kütleye yavaşça batarken zaman uzuyor. Mücadeleyi bıraktım. Çevrede yardım isteyebileceğim kimsecikler yok ve yapabileceğim bir şey de yok. Buz seviyesi kaskımın vizörüne kadar çıkınca bunun rüya içinde rüya olduğu fikriyle kendimi teselli ettim veya öyle olmasını istedim.

Europa'nın buzdan tuzağına gömüldüm. Eskimo tanrıçası Sedna'ya benziyor; öylesine açgözlüymüş ki babası onu gemiden denize atmış ve o geri dönüp gemiye tırmanmaya çalışırken babası onun parmaklarını kesmiş. Europa affetmek nedir bilmeyen soğukkanlı bir sevgilidir. Bu buzdan yapılmış lahitten tek kurtuluş umudum, bir yer altı okyanusuna dalacak kadar buza batmak. Orada neyle karşılaşacağımı hayal etmeye çalışıyorum ama hiçbir şey gelmiyor aklıma. Ağzımdaki bu metalik tat korkunun ta kendisi. İrade gücümü kullanarak korkuyu kendimden uzaklaştırıyor ve dipsiz uçuruma yavaşça batmaya odaklanıyorum.

3

UZAK DÜNYALAR

Bu gölgelere alışmak zaman alacak. Ellerimi önüme uzatıyorum. Elim tepemdeki kızıl yıldızın ışığını keserek yere koyu bir gölge düşürdü; karşı ufukta beliren sarı renkli bir çift yıldızın solgun ışığı da yan tarafa elimin iki zayıf gölgesini düşürdü. Elimi salladım. Gölgeler dans etmeye başladı. Elim dokunaçlı bir deniz canavarına dönüştü.

Hafif mayhoş da olsa nefes almaya elverişli bir hava. Ozon. Tepe ve vadileriyle engebeli bir manzaranın içindeyim, hiç bitki yok etrafta. Tepemdeki yıldız karanlık oda ışığı gibi donuk ve kızıl; ve bütün o perspektif ve mesafe duygusunu silip götürüyor. Gökyüzünde alçakta gözüken ikiz yıldızlar manzaraya sönük bir ton katıyor. Onlar kızıl yıldızdan biraz daha sönük ve belirsizler. Uzakta sivri uçlu bir dağ silsilesinin ardında duran yıldızlar benim tarafa kara kemikli parmaklara benzeyen gölgeler düşürüyor.

Dağlık buruna doğru uzanan düzgün bayırı tırmanıyorum. Ayaklarımın altında 15 santim derinliğinde taş yığınları var ve çizmelerim onlara değdikçe her tarafa saçılıyorlar. Burası dik bir yokuş olmasa da hemen soluk soluğa kalıyorum. Yerçekimi alıştığımdan daha güçlü. Ayaklarımı kalın ve ağır hissediyorum; kalbim küt küt atıyor. Araziye yukarıdan bakabileceğim bir noktaya çıkıyorum. Görünürde ne ağaç ne de bitki olmadığından büyüklük ölçümü yapma imkânı da yok. Ne su ne de herhangi bir sıvı görebiliyorum. Çıplak ve aman vermez bir manzara. İçim ürperiyor.

Burada her şey ölü gibi. Işık, yerçekimi, hava. Bir ömür Dünya'da nefes alıp verdikten sonra o havayı kanıksamıştım. Ama şimdi ciğerlerime çektiğim şeyle kıyaslandığında taze ve hoş bir havaydı. Aniden kendimi yapayalnız ve evden çok uzakta hissettim.

YILDIZLARA DOKUNMAK

Yıldızlara dokunmak ne kadar zaman alacak? Geçen elli yıl zarfında arka bahçemizde ufak tefek şeyler yaptık, uydumuza insan gönderdik ve Güneş Sistemi'ndeki önemli gökcisimlerinin çoğuna robot sondalar yolladık. En yakınımızdaki yıldıza ulaşmak bile nefes kesici bir uzay boşluğunu geçmek demek.

Güneş Sistemi'ni oturma odamız ölçeğinde küçülttüğümüz modele geri dönelim. Bu ölçek gerçek mesafeleri bir trilyon kat küçültür. O zaman Güneş'in çapı yaklaşık bir milimetre olurken, gezegenler odanıza dağılmış ama odayı bir süredir süpürmediğiniz için fark edilmeyen toz zerrelerine dönüşür. Bu ölçekte en yakın yıldız 25 mil ötededir. Komşu şehirde minik bir ışık noktasının ve yörüngelerinde dolanan toz zerrelerinden oluşan benzer bir kümenin bulunduğu bir oda daha hayal edelim. Gerçek Dünya'ya dönersek, en yakın yıldız ile aramızda uzanan 25 trilyon millik mesafe, emekleme dönemindeki uzay teknolojimizin ilkel kimyasal roketleriyle alay ediyor gibidir.

Modelimizi ışığın yolculuk süresi açısından da ele alabiliriz. Uzayın bir trilyon kat büzülmesi ışık hızının da bir trilyon kat azalması demektir ki bu onun hareketini görünür, en azından hayal edilebilir kılar. Toz zerresi büyüklüğündeki Güneş'ten yayılan ışık bir dakikada 2,54 santim yol alır ve Dünya'ya ulaşması sekiz dakikayı, en uzak gezegenlere ulaşması da birkaç saati bulur. Bu arada en yakın yıldızdan yayılan ışık aynı düşük hızda uzayı kat etmektedir. Komşu şehirden çıkıp karıncaların ve sümüklüböceklerin gerisinde kalarak sürüne sürüne yolu kat etmek dört yılı bulacaktır.

Biz yıldızların şu anki hallerini değil, geçmişteki hallerini görürüz.

Bu küçük ölçekli modelde bilgi de ışık gibi son derece yavaş yol alır. Gerçek evrende ışık müthiş hızlı yol alır, ama kat ettiği uzay boşlukları muazzam büyüklükte olduğu için bize ulaşması ölçülebilecek kadar uzun sürer. Güneş Sistemi'nin en uzak noktalarını saatler önceki, en yakın yıldızları yıllar önceki ve gece gökyüzündeki en sönük yıldızları yüzyıllar önceki halleriyle görürüz. Şayet ışık hızı sonsuz olsaydı bütün evreni şimdiki haliyle görürdük. Her yerde her şey eşzamanlı olurdu, olayların kakafonisi dikkatimizi dağıtırdı. Onun yerine bizler uzak uzayı geçmiş haliyle görürüz ve eşmerkezli kürelerin bize mesafesi ne kadar fazla olursa onlardan gelen bilgi o kadar eskidir. Parlak yıldız Sirius'un *tam şu anda* ne yaptığını sorabilirsiniz. Ama bunun cevabını bilemeyiz, çünkü bu soru cevaplandırılamaz bir sorudur. Ondan gelen ışığın bize ulaşması için dokuz yıl beklemek zorundayız. Sirius'un hemen yanındaki biri sorumuzun cevabını bilebilir, ama o cevabı bize bildirmek için sinyal göndermek zorundadır ve o sinyalin bize ulaşması da dokuz yılı bulur. Bu nedenle köhnemiş bilgiye mahkûmuz.

Şayet ortaçağda bir Avrupa imparatorluğunun hükümdarı olsaydınız, ülkeniz hakkında bilgi edinmenizin tek yolu haber getiren atlı ulaklar kullanmaktı. Atlar sizin fotonlarınız olurdu. Atların hızları sınırlıdır (ve ulaşım süresi sürücünün yol üstündeki tavernalarda geçirdiği zamandan da etkilenir). Civardaki eyaletlerden haber almak günleri, daha uzak diyarlardan haber almaksa haftaları bulabilir. İmparatorluğun en uzak yerlerinde bir isyan çıksa onu öğrenmeniz bir ayı bulur ki, o zaman da iş işten geçmiş olur.

Şimdi de astronomların çok uzaktaki yıldızların ışığının eski olduğunu nasıl anladıklarını görelim. Eski kültürler yıldızları başları üstünde dönen bir kubbenin üzerine resmedilmiş noktalar gibi görürlerdi. Yıldızların Dünya'daki en uzak

ülkeden daha uzak olabileceğini hayal edemiyorlardı. Antik dönemde yaşamış Yunan astronom Ptolemy'ye göre, yıldızlar için hayal edilebilecek en uzak mesafe yaklaşık bir milyon mildi.[1] Eratostenes Dünya'nın çevresini 25.000 mil olarak tahmin ediyordu, dolayısıyla yıldızların kristal küresi 40 kat daha uzaktı ama yine de bu tahmin en yakın yıldızın gerçek uzaklığının çok altındaydı.

Öte yandan düşünsel açıdan hayati sıçrayış yıldızların Güneş'e benzediğinin anlaşılmasıyla oldu.

Yunanlı düşünürler olan Demokritos ve Epikür yıldızların da başka güneşler olduğu fikrini ileri sürdüler ve bu düşünce on ikinci yüzyılda İranlı bilgin Fahreddin Razi tarafından geliştirildi.[2] Giordano Bruno, yıldızların yaşam barındıran mevcut gezegenleri tamamlayan ve Güneş gibi yanan gaz topları olduğu fikrini ikna edici biçimde işlemişti. Bruno bu görüşü zındıklık sayıldığı için 1600 yılında Katolik Kilisesi tarafından bir direğe bağlanarak yakıldı. Galileo basit teleskobunun gücüyle söz konusu görüşe destek sağladı. *Sidereus Nuncius* (Yıldız Habercisi) adlı ince kitabında Ülker Burcu'nda daha önce gözlemlenmemiş 30 yıldızı, Orion bölgesinde de 80 yıldızı gösteren gravürler vardı. Samanyolu'nun düzgün ışıltısının aslında yıldızlar deryasının birer noktacık şeklindeki ışıklarından ibaret olduğunu görmüştü. Gökyüzündeki en parlak yıldızın parlaklığının çıplak gözle görülebilen en sönük yıldızın parlaklığına oranı 400'dü ve Galileo bu oranı 10.000 olarak büyüttü. Şayet bütün yıldızlar aynı yapıya sahipseler bu oran, mesafe olarak 100 kata karşılık deliyordu. "Derinlik" denilen bu üçüncü boyut fikri teleskobun getirdiği keşiflerden biridir.

On yedinci yüzyılın ortasında Christian Huygens parlak yıldız Sirius'un Güneş'ten 600 milyon kat daha sönük olduğunu ölçerek işleri netleştirdi. Işığın parlaklığı kat ettiği mesafenin karesiyle ters orantılıdır, bu nedenle Sirius'un Dünya'ya uzaklığı Dünya'nın Güneş'e uzaklığından 25.000 kat fazladır.

Bu mantık akıllıcadır ama Sirius ile Güneş'in tamamen aynı olduğu varsaymak hatalıdır. Gökyüzündeki Sirius dahil en parlak yıldızlar Güneş'ten daha büyüktür ve yapısal olarak daha parlaktır, bu nedenle onları Güneş gibi bir yıldızdan daha uzak mesafelerde bulunsalar da görebiliriz. Huygens, Sirius'un uzaklığını, gerçek değerinin çok altında tahmin etmiştir.[3]

Ancak teleskobun 200 yılı aşkın bir süre boyunca devamlı geliştirilmesinden sonra Dünya'nın bir yıldıza olan uzaklığı doğrudan geometrik bir yöntemle ölçülebildi. Bizler Güneş'in çevresindeki yörüngemizde dolanırken yıldızlara bakış açımız değişir. Yıldızlar bize ne kadar yakın iseler o kadar çok yer değiştiriyor görünürler. Buna paralaks etkisi adı verilir. Farklı uzaklıklarda konumlanmış nesnelerle dolu bir odadaysanız önce bir gözünüzü sonra da diğerini kapatarak onlara bakmayı deneyin. Diğer bilindik bir örnek de, hareket eden bir arabanın camından dışarı baktığınızda yakındaki nesnelerin arkaplandaki manzaraya göre daha hızlı yer değiştirdiklerini görürsünüz. Bizim elde edebileceğimiz en büyük perspektif değişimi, Dünya'nın Güneş çevresindeki yörüngesinin iki zıt ucundan –200 milyon mil mesafe ve– altı ay arayla yapılan gözlemlerde görülür.

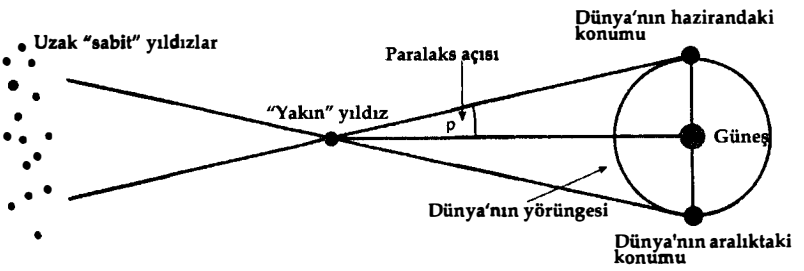
1830'larda bir grup astronom Dünya'nın bir yıldıza olan uzaklığını ilk kez ölçmek için şiddetli bir rekabete girişti.[4] "Özdevinim" halindeki yıldız gruplarına odaklandılar; başka bir deyişle, bu yıldızlar gökyüzünde yıldan yıla fark edilebilir ölçüde hareket eden yıldızlardı. Bu da onların hızlı hareket ettiğinin ve dolayısıyla bize nispeten yakın olduğunun sağlam bir işaretiydi. İskoçya'nın ilk kraliyet astronomu olan Thomas James Henderson ilk başarılı ölçümü yaptı. 1833'te Alpha Centauri Takımyıldızı için yaklaşık bir yay saniyelik paralaks gözlemledi ama cihazının doğruluğundan emin olmadığı için bulgularını yayımlamadı. (Hiç kuşkusuz başarısız ölçümlerin ve yanlış sinyallerin uzun geçmişinden de etkilenmişti). Beş

yıl sonra, Friedrich Wilhelm von Struve Vega'nın paralaksını ölçtü; von Struve beş nesil boyunca öne çıkmış ünlü astronomlar silsilesinde ikinci sıradaydı. Ama bu iki astronomu da geride bırakan kişi verilerini 1838'de yayımlayan Friedrich Bessel oldu. Bessel hiçbir zaman üniversiteye gitmemiş olmasına rağmen gerek astronomiye gerekse matematiğe büyük katkılarda bulundu.

Bessel 61 Cygni yıldızı için 0,314 yay saniyelik bir paralaks ölçtü. Bu çıplak gözle görebileceğimiz herhangi bir yıldızın en büyük özdevinimiydi. Bunun gözlemciden 7,5 mil ötede duran bir 25 sentlik metal paranın her iki tarafına doğru uzanan hayali çizgilerin arasında oluşan açıyı hesaplamaktan farkı yoktur ve kolay iş değildir.[5]

Paralaks ölçümü bir üçgenleme örneğidir. Sözgelimi, bir kâşif iki farklı perspektiften bakarak uzak bir noktanın mesafesini ölçebilir. Dünya-Güneş mesafesiyle kıyaslandığında yıldızların muazzam mesafelerde olduğu göz önüne alınırsa, ortaya çıkan şekil epey dar açılı uzun bir üçgen olur (Şekil 3.1). Paralaks yöntemi aynı zamanda Dünya ile Güneş arasındaki mesafeye dair doğru bilgiye bağlıdır. Dünya-Güneş mesafesini ölçmek için kullanılan Güneş paralaksı, yani Güneş'in merkezini Dünya'nın her iki tarafına bağlayan doğruların yaptığı açı 8,8 yay saniyedir.[6] Günümüzde Dünya ile Güneş arasındaki mesafe, Mars ve Venüs'e yapılan radar yansıması ve zamanlama verileri kullanılıp daha sonra –Güneş'e olan mesafe ile Güneş çevresindeki yörüngeyi tamamlamak için gereken zaman arasındaki ilişkiyi veren– Kepler'in hareket yasasına başvurarak oldukça isabetli şekilde hesaplanabilmektedir.

Astronomlar Dünya yörüngesinin birkaç yüz bin yıldıza yaptığı dar açılı uzun üçgenlerin tepe açılarını ölçmek için uyduları kullanmışlardır ve bulunan mesafeler yüzde bir ya da ikilik yanılma payına sahiptir. Bu yıldızlardan birazı birkaç ışık yılı mesafededir. Çoğu ise birkaç asır öncesindeki haliyle görülmektedir. Keza bazıları da Haçlı Seferleri veya Roma



Şekil 3.1. Paralaks iki farklı noktadan gözlemlenen yakın bir gökcisminin uzak bir referans zeminine göre açısal kaymasıdır. Yıldızlar bağlamında, Dünya'nın Güneş çevresindeki yörüngesinin zıt uçlarından gözlemlenen yakın bir yıldızın konumu daha uzak bir yıldıza göre değişir. Bu diyagramda paralaks açısı gerçeği yansıtmıyor; gerçekte, yakın yıldızlar Dünya-Güneş mesafesinden yüz binlerce kat daha uzak mesafelerde bulunurlar.

İmparatorluğu dönemindeymiş gibi gözükür. Bize gelen bu eski ışıklar hakkında endişelenmeyin; yıldızlar sakin bir hayat sürerler ve muhtemelen o gün ne yapıyorlar idiyse bugün de aynısını yapıyorlardır.

UZAK DÜNYALARI KEŞFETMEK

Mantık ikna edici geliyor. Şayet yıldızlar Güneş gibi kızgın gaz toplarıysa ve bizim durumumuzun özel olmadığı yönündeki Kopernik ilkesi doğruysa o zaman her yıldızın çevresinde dönen gezegenler ve uydular olmalıdır.

Bu önermeyi test etmenin zorluğu en yakın yıldızın bile bize çok çok uzak olmasından kaynaklanıyor. Bizim güneş sistemimizde Güneş ile Dünya'nın Güneş'e olan uzaklığının 1,5 katı kadar bir mesafe içinde dört tane kayalık küçük gezegen ve Güneş ile Dünya'nın Güneş'e olan uzaklığının 5 ila 40 katı kadar bir mesafe içinde de gaz bulutundan oluşan dört tane dev gezegen mevcuttur. Neptün Güneş'ten

4 milyar mil uzaklıktadır, ama Proxima Centauri yıldızı Güneş'ten 25 trilyon mil uzaklıktadır, yani 6000 kat daha uzaktadır. Ayrıca başka bir engel daha söz konusu; gezegenler kendi başına ışık yaymaz, sadece ana yıldızlarından gelen ışığın bir kısmını yansıtırlar. Yıldız uzaya her yönde ışık yayar ve bu ışığın sadece minik bir parçası milyarlarca mil uzaklıktaki gezegen tarafından yakalanır ve bu minik parçanın da bir parçası uzaktaki gözlemciye yansıtılır. Bizim yapabileceğimiz fazla bir şey yok.

En büyük gezegen olduğu için Jüpiter'i ele alalım. Şayet Jüpiter'i tespit edemezsek diğer gezegenler için durum içler acısı olur. Güneş'i 100 vatlık bir ampul olarak hayal edelim. Bu ölçekte Jüpiter 45 metre uzaklıktaki sönük sarı-beyaz renkli bir bilye olur. Aynı ölçekte Dünya ise ampule 5 kat daha yakındır ama 10 kat daha küçüktür, küçük bir boncuk gibi. Bir futbol sahasının yarısı mesafesinde bulunan bir ampulden aldığı ışığı yansıtan bir bilyeyi görmek çok zor olurdu. Ama eğer ampul Proxima Centauri, bilye de bu sistemdeki farazi Jüpiter olursa iki cisim arasındaki uzaklık 1500 mil olur! Büyük bir teleskop 1500 mil ötedeki bir evin içinde yanan ampulün ışığını algılama gücüne sahiptir ama küçük bir bilyeden yansıyan ışığı görmek çok çetin bir iştir. Bilye kendisine gelen ışığın 100 milyonda 1'ini bize doğru yansıtır; bu da bir vatlık ampulün milyonda birine karşılık gelir.

Dolayısıyla bu iş imkânsız göründüğünden astronomlar başka yollara başvurmuşlardır.

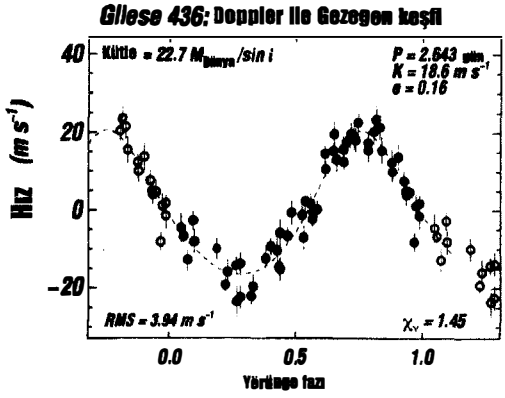
Newton'un kütleçekimi kanunu, iki cismin birbirine uyguladığı kuvvetlerin eşit ve zıt yönde olduğunu söyler. Ama sizin Dünya'yla gündelik çekişmeniz hiç de eşitmiş gibi görünmez. Gezegenimiz bizi durmadan kendine çeker ve bazı sabahlar yataktan kalkmaya mecalimiz olmaz. Ne var ki Dünya'nın size uyguladığı çekim kuvvetinin aynısını siz de ona uygularsınız. Ve uzaydaki iki cisim ortak bir kütleçekimi merkezinin yörün-

gesinde döner. Eşit kütleye sahip cisimler için bu merkez onların arasındaki orta noktadır. Öte yandan kütleler eşit değilse çekim merkezi daha büyük nesneye doğru kayar.

Aynı şey güneş sistemleri için de geçerlidir. Gezegenler durağan bir Güneş'in yörüngesinde dönmezler. Gezegenler Güneş'i tüm sistemin çekim merkezi civarında sürekli bir oraya bir buraya çekiştirir. Böylece Güneş, en büyük gezegen olan Jüpiter'in etkisinde kalıp küçük bir daire çizerek iri bir dansçı gibi döner. Yalpalaması saptanamaz, zira bunu saptamak 1500 mil uzaklıkta kendi ekseni etrafında dönen bir ampulün yalpalamasını ölçmek kadar zordur. Öte yandan astronomlar çok büyük bir gezegenin bir yıldızı ileri geri çekiştirmesinden doğan periyodik Doppler kaymasını saptamayı umut ettiler. Jüpiter her 12 yılda bir (Jüpiter'in yörüngesinin periyodu) Güneş'in saniyede 13 metre hızla –çoğu şehirdeki hız sınırını aşmadan– kaymasına yol açar.[7]

Gerek yalpalama gerekse Doppler kayması bir metrelik cetvelin uçlarına bağlanmış iki cisimle analoji kurularak anlaşılabilir. Eğer cisimler eşit kütleye sahipseler cetvel orta noktaya çakılan bir raptiyeyle dengede tutulabilir ve bir yörüngede döndürülebilir. Cisimler çok farklı kütlelere sahip olduğundaysa denge noktası daha büyük olan kütlenin iliştirildiği uca doğru kayar. Bu durumda cetveli döndürmek, çok büyük bir gezegene sahip bir yıldızın durumunun bir benzerini bize sunar.

Doppler yöntemi gezegenlerin ebeveyn yıldızlar üzerindeki etkisinden hareketle dolaylı yoldan saptanabilmesine olanak tanır. Gezegen yıldızın hızında sinüzoidal bir değişime yol açar ve bu değişimin büyüklüğü gezegenin kütlesiyle orantılıdır, periyodu ise gezegenin yörüngesinin periyoduyla aynıdır (Şekil 3.2). Eğer başka gezegenler varsa onlar da Pisagor'un yansımaları gibi kendi sinüzoidal değişimlerini veya harmonilerini ekler. Bu, Kepler'in hayal ettiği küreler harmonisinin modern bir versiyonudur.



Şekil 3.2. Gliese 436 yıldızı, inanılmaz hızlı hareket ederek 2,6 günde yörüngesini tamamlayan ve bu sırada yıldızı yukarıdaki grafikte gösterilen periyodik bir değişim içinde çekiştiren Neptün büyüklüğünde bir gezene sahiptir. Doppler kayması saniyede 19 metrelik bir büyüklüktedir ve gezegenin yörüngesi hafif dışmerkezlidir. Gliese 436 Dünya'dan 30 ışık yılı uzaklıkta bulunan bir kızıl cücedir. Gezegeninin tutulmalar yaşadığı sonradan gözlemlenmiştir. Bu da astronomlara onun yarıçapını ve yoğunluğunu tahmin etme imkânı sunmuştur. Söz konusu gezegen neredeyse aynı oranlarda kaya ve suyun yanı sıra bir miktar hidrojen ve helyumdan oluşmaktadır.

Diyelim ki beyaz bir takım elbise içindeki iri bir adam karanlık bir dans salonunda fırıl fırıl dönüyor. Eşi ise ince ve tepeden tırnağa siyaha bürünmüş. Kadın görünmüyor. Adam kadından biraz uzaklaşmaya meylediyor ama küçük siyah hayalet onu kusursuz bir dengede tutuyor. Bizler dansın melodilerini duyuyoruz ve adamın eldiven içindeki ellerinin havadan başka bir şeyi kucaklayıp sarmadığını görüyoruz.

Onlarca yılı bulan verimsiz araştırmaların sonunda nihayet 1995'te bilimadamları Doppler yöntemini kullanarak diğer yıldızların yörüngesinde dolanan gezegenleri, diğer adıyla harici gezegenleri tespit ettiler. Şimdilik Güneş Sistemi'nin dışında 700'ü aşkın gezegenin varlığı biliniyor. Bu gezegenlerin çoğu kozmik arka bahçemizdeki yeni dünyalardır, onlar-

ca ışık yılından birkaç yüz ışık yılına kadar uzanan mesafelerde bulunurlar. Onları tespit etmenin sanıldığından hem daha zor hem de daha kolay olduğu anlaşıldı.[8]

Zor olan kısmı etkinin büyüklüğüydü. Jüpiter benzeri bir gezegenden dolayı Güneş benzeri bir yıldızın Doppler dalga boyu kayması 10 milyonda bir birimden daha küçüktür, dolayısıyla bu kaymayı saptamak için son derece hassas spektroskopi (tayfölçümü) gerekir. Güneş gibi bir yıldızın soğuk dış katmanlarında, orada bulunan hidrojen, kalsiyum ve sodyum gibi elementlerden dolayı ince soğurma çizgileri vardır. Bu çizgiler yıldızın hızını belirlemek için kullanılır. Yıldızlar dev bir gezegenin yol açtığı hareketten 1000 kat büyük gelişigüzel hareketlerle uzayda devinirler. Bir yıldızın uzaydaki gidişizi değişmezken, bir gezegen bu gidişizi üzerinde küçük, periyodik bir değişime yol açar ve bu periyodiklik sayesinde gezegenin varlığı saptanabilir. 1990'ların ortasında yarım düzine araştırma grubu Jüpiter gibi dev gezegenleri saptamak için teknik beceriler geliştirdi.[9]

Kolay olan kısım ise harici gezegenleri saptamak için gereken zamandır. Bizim güneş sistemimizden yola çıkan astronomlar, Jüpiter büyüklüğünde harici bir gezegenin Doppler sinyalini alabilmek için on yıl civarında bir süre (yörünge periyodu) boyunca veri toplamak gerektiğini tahmin ediyorlardı. Şaşırtıcı bir şekilde, iki haftalık verilerle Güneş Sistemi'nin dışındaki ilk gezegeni saptadılar.

1995'te Geoff Marcy ve Paul Butler Kuzey California'daki Lick Gözlemevi'nde birkaç yıl boyunca sabırla veri topladılar. Geceleyin ay çıkınca teleskoplarını gökyüzüne çevirdiler. Spektrografilerindeki eksikleri ve kusurları giderip onu gayet kullanışlı hale getirdiler. Meslektaşları onlara kuşkuyla yaklaşıyordu. Fakat onlar uzak gezegenlere giden yolun boşa çıkmış iddialar ve yorucu tekrarlarla dolu olduğunu biliyorlardı. İzlemenin heyecanı onlara çalışma şevki veriyordu. Sabırlıydılar, çünkü peşinde oldukları dev gezegenlerin yö-

rüngelerinde yavaş hareket ettiklerini düşünüyorlardı. Bizim evrendeki biricikliğimize dair asırlık soruya çok az bilimadamı yanıt bulabilmiştir.

Bu arada Michel Mayor ve Didier Queloz çift yıldızları incelemek ve sonra dev gezegenleri saptamak üzere yöntemlerinin kapsamını genişletmek için Cenevre Gözlemevi'nde küçük bir teleskop kullanıyorlardı. Çift yıldızlar hızla birbirlerinin çevresinde dolanırlar. Böylece Mayor ve Queloz her gece veri topladı. Verilerini tek bir yıldıza, Cygnus Takımyıldızı'nda bulunan Güneş benzeri anonim bir yıldız olan 51 Pegasi'ye hasrettiklerinde Jüpiter'den daha büyük bir gezegenin Doppler imzasını görünce şaşırdılar. Bu süper-Jüpiter, ebeveyn yıldızdan uzaktaki yörüngesinde ağır bir tempoyla hareket etmiyordu; yıldıza onun tarafından kavrulacak kadar yakın mesafede bulunan dört günlük bir yörüngede –1200°C sıcaklıkta– dolanıyordu. Hiç kimse dev gezegenlerin yıldızlarına bu kadar yakın olabileceğini tahmin etmiyor veya beklemiyordu. Marcy ve Butler bilgisayarın başına oturup 51 Pegasi için veri toplamışlardı ama dev bir gezegenin yörüngesini saptamanın yıllar alacağını zannettiklerinden elde ettikleri verileri analiz etmemişlerdi. Bu keşfi hemen doğruladılar ama Nobel Ödülü muhtemelen İsviçreli çifte gidecekti.[10]

Sürprizlerin arkası kesilmedi. Sonraki on yıl içinde öne gelen ekipler gökyüzünde uzak gezegen aradılar ve birkaç yüz gezegen buldular. Doppler yönteminin hassaslığını geliştirip Neptün ve Uranüs gibi gezegenler saptadılar. Öte yandan Güneş Sistemi'ndeki gaz devlerinden çok daha yakın yörüngelerde dolanan yeni gaz devleri bulundu. Ayrıca Güneş Sistemi'nin dışındaki gezegenlerin çoğu bilindik gezegenlerin yörüngelerinden daha eliptik yörüngelerde dolanıyorlar.

Doppler yöntemi hâlâ dışarıdaki gezegenleri tespit etmede kullanılan başlıca yöntemdir ama geçen on yıl zarfında ikinci bir yöntem önem kazanmaya başladı. Harici gezegen sistemleri gelişigüzel yönelimlere sahipler, ama bizimle aynı yörünge

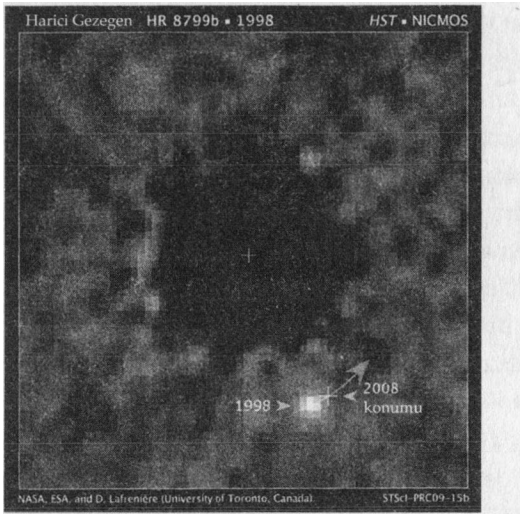
düzleminde olacak şekilde hizalanırlarsa, gezegen kendi yıldızının önünden geçerken bir tutulma veya transit (geçiş) tespit edebiliriz. Hizalanmanın neredeyse kusursuz olması gerekir ki bütün harici gezegenlerin küçük bir kısmı geçiş yapabilsin, ama ışığın şiddetindeki azalma Jüpiter büyüklüğündeki bir gezegen için yüzde 1'dir ve bunu da küçük bir teleskopla saptamak mümkündür. İlk geçiş 1999'da tespit edilmiştir ve ondan sonra 200'ü aşkın harici gezegenin yaptığı geçişler, yere konuşlandırılmış teleskoplarla gözlemlenmiştir.[11]

Ancak dış gezegenlerin küçük bir alt kümesinin geçişleri gözlemlenebilmektedir ama bu geçişler, büyüklüğü açığa vurmaları bakımından önemlidir. Doppler ölçümü sadece bir gezegenin kütlesini ve yörünge periyodunu verir. Bir geçiş durumunda yıldızın ışığı, ona bağlı dış gezegenin alanının yıldızın alanına oranı kadar kısılır. Geçiş yörüngenin minik bir parçası kadar sürdüğü için sabır gerekir. Nitekim Jüpiter'in Güneş'i geçmesi için her 12 yılda bir birkaç saat beklemek gerekir. On yıl boyunca bir ampule bakıp onun ışığının 100 vattan 99 vata indiği birkaç saati saptamaya çalıştığınızı düşünün. Büyüklük artı kütle, yoğunluğu verir, dolayısıyla Doppler ve geçiş yöntemleri birlikte bir gezegenin Jüpiter gibi büyük ve gazlı mı yoksa Dünya gibi küçük ve kayalık mı olduğunu açığa çıkarır.

Tekrar bakalım; beyaz takım elbise içindeki adam dans salonundaki performansından sonra dinlenir. Bir sandalyeye çöküp alnının terini siler. Eşi gitmiştir ama giderken tüylü fularından bir tüy düşürmüştür ve o tüy akşam melteminde havada uçuşmakta ve adamın beyaz takım elbisesi üzerine minik bir gölge düşürmektedir. Bir an için düşlerinden uyanan adam dans eşinden kalan şeye gülümser.

En açık saptama yöntemi olan görüntülemeyle ilgili ne söyleyebiliriz? Her şeyden önce görmek inanmaktır.

Çok parlak bir yıldızdan çıkıp çevredeki harici gezegenden yansıdıktan sonra bu yıldızın çok parlak görüntüsüyle



Şekil 3.3. Harici gezegen HR 8799b, 2007 ve 2008'de Keck ve Gemini North teleskoplarının çektiği görüntülerle keşfedildi ama aynı zamanda 1998'de Hubble Uzay Teleskobu'nun çektiği kızılötesi görüntüde de görülmüştü. Yeni görüntü işlem teknikleri onun eski bilgiler içinde keşfedilmesine yol açtı. Bu gezegen yukarıdaki görüntüden kesilip alınmış yıldızdan 100.000 kat daha sönüktür. 400 yıllık bir periyoda sahiptir ve 130 ışık yılı uzaklıktaki yıldızın etrafından dönen üç gezegenden biridir.

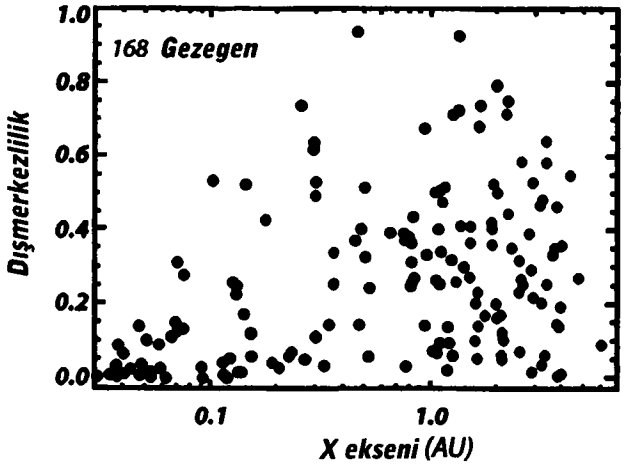
birlikte Dünya'ya ulaşan zayıf ışığı algılamanın güç oluşu çok sayıda yanlış alarma ve hatalı tespite yol açar. Görüntüleme 2007'ye kadar sonuç vermedi (Şekil 3.3) ve bilinen yüzlerce harici gezegenden sadece birkaç düzinesi şimdiye değin doğrudan gözlemlenebildi. Büyük teleskoplar adaptif optik sisteme uygun hale getirildiği zaman dış gezegenleri görüntülemek daha rutin hale gelecektir. Zira adaptif optikte ikinci aynanın şekli, gelen ışığın atmosferde karışmasını telafi etmek için hemen değiştirilir. Bu türbülans, yere konuşlandırılmış teleskopların oluşturduğu görüntülerin netliğini sınırlar ve dolayısıyla yıldızın ışığını zayıflatıp, gezegenden yansıyan ışığı daha iyi algılar.

Harici gezegenleri görüntüleme evrende yaşamın araştırılması için hayati önem arz ediyor. Şayet astronomlar harici gezegenlerden yansıyan ışığı, bir spektruma yayabilmelerine yetecek miktarda toplayabilirlerse gezegenin atmosferinin kimyasal içeriğini gösteren yapılara bakabilirler. Hidrojen ve helyumun baskın olduğu dev gezegenlerden sürpriz beklenmiyor. Küçük kayalık gezegenler karbon dioksit, nitrojen ve su belirtileri gösterebilir, ama şayet oksijen veya ozon tespit edilirse, bu, gazetelere manşet olur. Bu gazlar uçucudur; taşlar ve metallerle etkileşime geçip hemen ortadan kaybolurlar. Dünya'da biyolojiden ötürü bu gazlardan bolca vardır. Belki bu sayede evrende yalnız olmadığımızı öğreniriz.

GÜNEŞ SİSTEMİ NASIL OLUŞUR?

Yeterince basit görünüyor. Gaz ve tozdan oluşan büyük ve dağınık bir bulut alın. Onu dürtün. Kütleçekiminden dolayı çökerken onu izleyin. Dönmeye başlayacaktır ve büzüldükçe bu dönüş de şiddetlenir. Sonuçta dönmekte olan çok küçük ve yoğun bir disk elde edersiniz. Bulutun merkezinde yeni bir yıldız doğar. Diskteki kum taneleri çarpışarak büyür ve toz zerrelerinden gezegenler oluşur. Genç yıldızdan yayılan ışıma içeride kalan gazı dışarı atarak kayalık gezegenleri kısa mesafelerde, büyük gaz kılıflarını kendine çekebilen kayalık çekirdekleri de daha uzak mesafelerde tutar. İşte buyurun!

Bu resim kendi yörüngelerini yeniden düzenleyebilen gezegenler arasındaki çarpışmalar ve etkileşimlerle karmaşıklaşır, ama gezegenler birlikte takılıyor görünürler. Öte yandan tek Güneş Sistemi hikâyesi komşularımızın tuhaflıklarını açıklamak için uydurduğumuz ne doğruluğu ne de yanlışlığı kanıtlanamayan bir hikâye olabilir. 100'ü aşkın gezegen sisteminde bulunan 700'ü aşkın harici gezegen söz konusu olduğunda amaç gezegenlerin nasıl oluştuğunu açıklayabilecek genel bir kuram oluşturmaktır.



Şekil 3.4. Bilinen harici gezegenlerin yaklaşık üçte biri için yörüngenin büyüklüğünün (Dünya-Güneş mesafesi birimine göre) yarısına karşı dışmerkezlilik veya yörüngenin daireden sapma oranı. Bizim güneş sistemimizdeki gezegenler genellikle 0,1'den daha düşük dışmerkezliliğe sahip olup, daireden yüzde 10'dan daha az sapar. Küçük yarıçaplarda yörüngeler gelgitle kilitlenir, dolayısıyla neredeyse daireseldir. Ama büyük yarıçaplarda eliptik yörüngenin yaygınlığı kararsızlık gösterebilir.

İlk problem Jüpiter gibi sıcak gezegenleri açıklamak. Onların şimdi bulundukları yerde oluşmadığına neredeyse eminiz. Kayalık bir çekirdek, bir yıldıza çok yakın konumda oluşabilse çevresine çok fazla gaz toplayamazdı, çünkü az miktarda gaz mevcuttu ve toplayabileceği gaz, genç yıldızın ısısından ötürü patlayıp uzaya kaçardı. Daireden yüzde 20 ila 80 oranında sapan yörüngeleri anlamak zordur, çünkü gezegenin oluşumunun kargaşası ve çarpışmalardan sonra yörüngeler kararlı dairelere dönüşür. (Şekil 3.4). Uzun yörüngeler kararsız olmaya yatkındır, dolayısıyla varlıklarını sürdürmüş olamazlar.

Kuramcılar bu özellikleri tahmin etmede çuvallayınca utançtan yerin dibine girdiler ve açıklamalarla ortaya çıkmak

için çırpınıp durdular. Hızlı yapılan keşiflerden dolayı gözlemcilerin keyfi gıcırdı ama eteklerinde bir sürü soru taşıyorlardı. Daha "normal" veya bilindik yörüngelerde gezinen gaz devleri var mıdır? Güneş'e benzeyen bütün yıldızların gezegeni var mı, yoksa sadece bir kısmının mı var? En önemlisi de, dışarıda Dünya'nın klonları var mı?

Güneş Sistemi'nin oluşmasında yeni bir unsur da göçtür. Oluşumun erken evresinde ilk küçük yavru gezegenlerin çoğu diskteki gazla etkileşim halindeydi ve akışa direnç veya sürüklenme onların döne döne yıldıza karışmasına yol açtı. Gaz süpürüldükten veya dağıldıktan sonra yavru gezegen, oluştuğu yerle arasına mesafe koymaya yatkındır. İçeri doğru göç edenler de kademeli bir spiral çizerek hareket ederler. Göç eden bir gezegen yıldıza yaklaştığında kütleçekimi etkileşimi onu "park etmeye" veya daha fazla yaklaşmadan durmaya ve sabit bir konum almaya, başka deyişle kendi ekseni etrafında dönmeden, sürekli aynı yüzü yıldıza bakacak şekilde yörüngeye girmeye zorlar. Bu hoş bir düşüncedir ama son keşifler göçün, Jüpiter gibi sıcak gezegenlerin oluşumunda işleyen tek mekanizma olamayacağını göstermektedir.[12]

Doğa tarafından ters köşeye yatırılmak gezegen oluşumu kuramcıları için iyi bir haberdi, çünkü onları farklı fikirleri denemek için özgür bıraktı.

Gezegen oluşumuna dair standart teori çekirdek büyümesi modelidir. Çarpışmalarla düzenli olarak oluşan kayalık çekirdekler diskteki materyalin çoğunu silip süpürür. Bu çekirdekler hidrojen ve helyumu kendine doğru çekince gaz devleri oluşturur. Kayalık çekirdekler hızlı oluşur ama çevrelerini saran büyük gaz kılıfları yavaş yavaş büyür. Uranüs ve Neptün'ün şimdiki konumları çekirdek büyümesi teorisi için sorun oluşturuyor. Onların oluşması 100 milyon yıl almışken, enerjik genç Güneş 3 ila 10 milyon yılda bütün gazı silip süpürmüş olmalıdır. Bu sorun Uranüs ve Neptün'ü daha içeri göç ettirmekle çözülemez.

Kütleçekimsel çöküş denilen rakip bir teoriye göre dev gezegenler, gaz diski içerisindeki çökerek doğrudan masif gezegenlere dönüşen kütleçekimi "tohumları" veya kararsız yapılar tarafından oluşturulmuştur. Çekirdek büyümesinden daha hızlı bir mekanizma işlemiş olmalıdır, çünkü en azından bir durumda dev bir gezegen sadece birkaç milyon yılda oluşmuştur.[13]

Son zamanlarda yapılan gözlemler üçüncü bir teoriyi gündeme getirdi.[14] 2009'da Jüpiter'den 5 ila 10 kat büyük bir gezegenin bir kahverengi cücenin çevresinde dolandığı keşfedildi. Kahverengi cüceler gerçek yıldız değildir (yıldızaltı cisimlerdir), füzyonun gerçekleşmesine olanak tanımayacak kadar cılız ve soğukturlar. Söz konusu kahverengi cüce yaklaşık bir milyon yaşındaydı, yani böyle bir gezegenin çekirdek büyümesi modeliyle oluşmasına olanak bırakmayacak kadar gençti. Dahası, gezegen kütleçekimsel çökmeyle kolayca oluşamayacak kadar büyüktü. Muhtemelen kendi gaz ve toz bulutunun çökmesiyle oluşmuş ve daha sonra civardaki kahverengi cüceyle ikili bir sistem oluşturmuştu. Dolayısıyla gezegenler her zaman yıldız oluşumunun rastlantısal sonuçları olarak oluşmak zorunda değildir. Bir yıldıza bağlı olmayan izole cisimler olarak da oluşabilirler. Gezegen oluşumu konusunda kafa karışıklığı ve karmaşa devam ediyor. Daha fazla veri her zaman daha fazla berraklık sağlamıyor.

Bizim güneş sistemimizin veya herhangi bir harici gezegenin nasıl oluştuğunu açıklamak neden bu kadar zor? Aynı şekilde, çok basit ilk koşullardan oluştukları bilindiğine göre gezegenlerin özelliklerini tahmin etmek neden bu kadar zor? Doğrusal olmayan kütleçekimsel dinamik. İnsanlar partide ne yaptıklarını anlatırken bu deyimi kullanırlarsa o anda sohbet biter. Ama bu deyim daha az göz korkutucu olan bir terime indirgenebilir: kaos.

Bilimdeki kaos mutfağınızdaki veya bir insan kalabalığındaki kaosla aynı değildir. Dinamik bir sistemde kaos dü-

zensizlik anlamına gelmez. Rastlantıyla karışık düzenli hareketler ve başlangıç koşullarına aşırı ölçüde duyarlı olmak demektir. Eski Yunan filozofları evrenin kozmos ile kaos arasındaki bir denge halinde bulunduğunu düşünüyorlardı. Bu sözcüklerin her ikisi de Yunancadır; düzen ve ahenk kozmosun hoş yanlarıydı ama zikrettiğimiz filozoflar öngörülemez hareketlerin de gayet farkındaydılar. Newton determinizm ile rastlantısallık arasındaki gerilimi determinizm lehine çözmüş görünüyor. Onun evrensel kütleçekim yasası "saat gibi işleyen evren" metaforunu doğurmuştur.

Ama Newton bu çıkarımı yapmakta biraz aceleci davranmıştı. Kendisi sadece Dünya ve Güneş veya Dünya ve Ay gibi iki cismi içeren bir sistemin hareket yasalarını çözebilmişti. Üç veya daha fazla cisim işin içine girdiğinde çözümler ancak tahmini oluyordu. Bu da Güneş Sistemi'nin istikrarlılığı meselesini çözümsüz bırakmıştı. Gezegenler kendi yörüngelerinde mi kalacaktı yoksa küçük değişimlerin biriken etkisi zamanla büyüyüp bir gezegenin, belki de Dünya'nın Güneş'e çarpmasına veya Güneş Sistemi'ni tamamen terk etmesine mi yol açacaktı? Bu sorunun cevabı akademik ilginin ötesine geçiyordu, dolayısıyla on dokuzuncu yüzyılın sonunda amatör bir matematikçi olan İsveç Kralı II. Oscar aralarında kütleçekim kuvveti bulunan üç cismin basit durumunu çözebilecek kişiye 2500 kron ödül vereceğini duyurdu.

Henri Poincaré adındaki genç Fransız matematikçi çözüm için kollarını sıvadı. Üç cisimli problemi çözemedi ama görüşleri kütleçekiminin daha derinden anlaşılmasını sağladığı için yine de ödülü aldı. Poincaré gezegenlerin yörüngelerinin hareketini keşfedip üç cisimli sistemlerde büyük değişimlerin gerçekleştiğini bulguladı. Bazı durumlarda yörüngeler düzenli ve periyodik iken diğer durumlarda da karmaşık ve tekrarsız oluyordu.[15] Ayrıca sonuçların başlangıç koşullarına çok bağlı olduğunu da saptadı. Şayet ilk koşulları azıcık değişirse çoğu yörüngedeki durum tanınamaz ölçüde farklı olabilirdi.

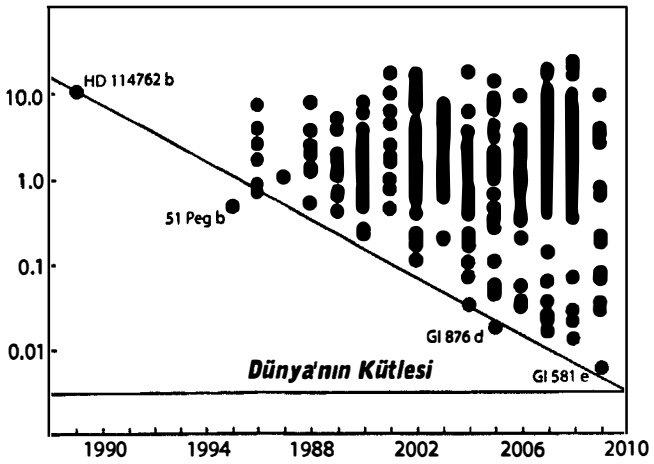
Kaosu tetikleyen faktörlerden biri, iki cismin yörünge veya dönüş periyotlarının basit sayısal bir oranla bağıntılı olması halinde gerçekleşen rezonanstı.

Kaos halkın bilincine meteorolog Edward Lorentz ile girdi. 1960'larda hava sistemlerinde çok önemli bir işlem olan basit çevrim denklemlerini çözmek için ilk bilgisayarları kullandı. Lorentz sonuçlarda karmakarışık hareketler gözlemledi ve hava durumunun tahmin edilemeyebileceğini anladı. Başlangıç koşullarına bağlı olmak sonradan "kelebek etkisi" olarak tanınacaktı. Kaos damlayan bir musluk, bir sarkaç veya havaya yükselen bir duman kavisi gibi basit şeylerin hareketinde görülüyordu. Ve araştırmacılar kaosu nabız atışından borsadaki dalgalanmalara varıncaya kadar her şeye uyguladılar.

Kaos gezegen sistemlerinin temel bir özelliğidir.[16] Bu her şeyin tahmin edilemez olduğu anlamına gelmez; Güneş Sistemi'ndeki çoğu gezegenin yörüngesi milyarlarca yıl boyunca kararlı kalacaktır. Ama bu geçmişte olmuş olayları çıkarsamak için bir gezegen sisteminde "saati geriye sarmanın" veya başlangıç koşullarının güvenilmez olduğu anlamına gelmez. "Olayın tam olarak nasıl başladığını" asla bilemeyiz.

EVDEN UZAK EV

Harici gezegenlerin keşfedilmesini takip eden yıllarda araştırmacılar yöntemlerini geliştirip daha küçük kütleli gökcisimlerinin peşine düştü (Şekil 3.5). İlk harici gezegenler Jüpiter kadar veya ondan büyük gezenlerdi ama çok geçmeden Uranüs ve Neptün gibi gezegenler de bulundu. Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün Dünya'dan sırasıyla 318, 95, 15 ve 17 kat büyüktürler. Bu durum herkesin karasal olan ve özellikle de Dünya'ya benzeyen gezegen bulma hevesini körükledi.



Şekil 3.5. Keşif yılının bir fonksiyonu olarak bilinen harici gezegenlerin kütlesi, Dünya benzeri gökcisimlerine doğru muntazam bir ilerleme sergiliyor. Harici gezegenlerin çoğu Doppler tekniği kullanılarak keşfedildi ama peşinden birçoğu da geçişlerin saptanmasıyla bulundu. Geçiş veya "tutulma" yöntemi kullanılarak düşük kütleli gezegenleri tespit etmek için Kepler uydusu tasarlandı ve Dünya benzeri onlarca gezegenin saptanmasını sağladı.

2010'a gelindiğinde astronomlar Doppler yöntemini kullanarak yaklaşık Dünya'nın on katı büyüklüğünde 30 harici gezegen buldular. Şimdiye kadar bulunmuş en küçük harici gezegenin ağırlığı Dünya'nın iki katından biraz daha az. Astronomlar Güneş gibi yıldızların çevresinde dönen çok sayıda karasal gezegenin bulunduğunu tahmin ediyor, çünkü harici gezegenlerin kütle dağılımı, saptama sınırına doğru hızlı yükseliyor. Varsayalım ki dört santimlik delikleri olan bir ağla balık yakalıyorsunuz. Eğer ağınızı yokladığınızda boyu otuz santimden daha uzun birkaç balığa, otuz santimden biraz kısa bir grup balığa ve boyları beş ila on santim arasında değişen çok sayıda balığa rastlarsanız, avlandığınız denizde boyu beş santimden daha kısa balıklar olmadığı sonucuna

varmamalısınız. En doğru çıkarım, boyu beş santimden daha kısa olan çok sayıda balık bulunduğu ama onları yakalamak için ağzınızın deliklerini küçültmeniz gerektiğidir.

Astronomlar daha iyi ağ yapmak için çok çalışıyorlar. Harici gezegen tespitinde öncü olan iki grup da saniye başına sadece 0,5 metrelik bir Doppler kaymasını saptama yönünde çalışmalar yürütüyor. Bu da yaklaşık 1 metre/saat demektir ve Güneş benzeri bir yıldızın çevresinde dönen Dünya benzeri bir gezegenin minik çekimini ölçmeye yetecek hassaslıktadır. Bir düzeyde, ana yıldızın atmosferindeki türbülans hareketleri Doppler ölçümüyle saptanabilecek kütleye bir sınır koyabilir, çünkü bu hareketler harici gezegenin tepki hareketiyle karıştırılır. Gezegen avcıları Dünya benzeri çok sayıda gezegeni yakalamak için geçiş yöntemine başvurdular.

NASA'nın *Kepler* uydusu, Dünya benzeri gezegenleri saptamak amacıyla Mart 2009'da uzaya fırlatıldı. 300 yıldızdan yalnızca 1'i herhangi türde bir tutulma sergilediği için en düşük kütleli dış gezegenlerin gerçek sayısını bulmak için çok sayıda yıldızı izlemesi gerekiyordu. 1 metrelik teleskopu Cygnus Takımyıldızı'ndaki bir bölgeyi tarayıp 156.000 yıldızdaki parlaklık değişimlerine bakıyordu. Dünya benzeri bir gezegen Güneş benzeri bir yıldızın önünden geçtiğinde yıldızın ışığı birkaç saatliğine yüzde 0,01 kararır. Bu bir "Jüpiter"in yol açtığı kararmadan 100 kat daha küçüktür; böylesi küçük çaplı bir etkiyi görebilmek için uzay ortamının istikrarlı olması gerekir.

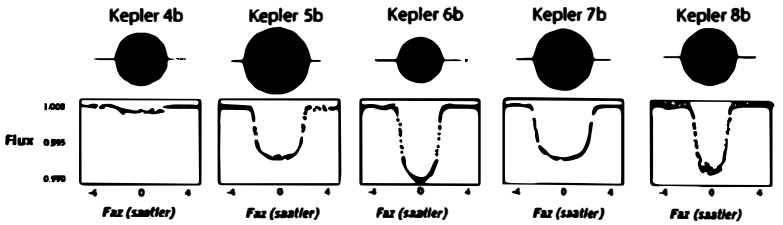
NASA ekibinin lideri Bill Borucki şöyle diyor: "Her altı saniyede aynı şeyi yapmak şimdiye kadarki en sıkıcı işti." Borucki'nin gözü yıllardır ödüldeydi ve harici gezegen keşfetmenin boş bir hayal olarak görüldüğü yıllarda bundan kuşkulanmayı sürdürdü. NASA bu görevi dört kez rafa kaldırdı, onu çizim masasının başına geri yolladı ama Borucki sakin ve kararlı tutumuyla yoluna devam etti. Üniversiteden mezun olduğunda uzayı keşfetmeye öylesine istekliydi ki sa-

dece NASA'daki işe başvurdu. Harici gezegenler keşfedilmeden yıllar önce *Kepler* uçuşunun kuramsal kanıtını yayımladı. Sonunda şansı yaver gitti ve bu yumuşak huylu öncü şimdi NASA'nın profilindeki en heyecan verici görevlerden birini yürütüyor.

Kepler gezegen yakalama oyununu kayda değer ölçüde ilerletti. 2010'da ilk aday grubunu açıkladı ve bu adayların birazının harici gezegen olduğu onaylandı (Şekil 3.6). 2011'in başlarında *Kepler*'in ilettiği veriler 1235 harici gezegen adayı gösteriyordu ve bu gezegenlerin çoğunun gelecekteki bulgularla doğrulanması bekleniyordu.[17] Vurgunda Dünya büyüklüğünde 68, Dünya'dan birkaç kat büyük 288 ve Neptün büyüklüğünde 662 gezegenin olması herkesi şaşırtmıştı. Yeni gezegen adaylarından 54'ü bağlı oldukları yıldızların yaşanabilir bölgesi içindeydiler ve bunların beşi Dünya'ya benziyordu.

Aradan bir yıl geçmeden uydu, 15 yıllık vurgununu üç misline çıkardı ve Dünya benzeri harici gezegen sayısını 0'dan 68'e çıkardı. *Kepler*'in ilk verileri sadece birkaç gün ila birkaç haftalık periyotlar ölçüsünde hassastır. Dünya'nınkine benzer yörüngelerde dolanan Dünya gibi gezegenleri keşfetmek iki yıl daha alacaktır. Biraz daha büyük "süper dünyalar" su da içerebilir ve gezegen oluşumunun bilgisayar simülasyonu karasal gezegenlerin Dünya'nın bütün okyanuslarındaki kadar suyu rutin şekilde edindiğini göstermektedir.

Bu da bizi yaşam meselesine götürüyor. Hayat madde demektir ve onun garip tarafı da budur. Modern biyoloji dirimselciliğe veya "makinedeki hayalete" çok az yer bırakmıştır.[18] Basit ve her yerde bulunabilen kimyasal unsurların bir araya gelerek ilk ilkel hücreyi oluşturduğu evreler laboratuvarda incelenmiştir. Modern biyolojideki devrim, hayatın bir dijital bilgi yığını olduğunun anlaşılmasıdır. Dört harfli kimyasal alfabe genetik şifreyi oluşturuyor ve genomlarımızdaki 3 milyar harf, zekâ ve duygulanımın ince ve esaslı özellikleriyle bizi donatmaya yetiyor. Genom iki farklı türde dijital bilgi



Şekil 3.6. *Kepler* uydusuyla keşfedilen ilk beş harici gezegenin ışık eğrileri, bu uydunun Jüpiter benzeri gezegenlerin tipik yüzde 1'lik tutulma derinliğini kolayca saptayabildiğini göstermektedir. Verilerin kalitesi öylesine yüksektir ki sadece yüzde 0,01 derinliğe sahip tutulmalar saptanabilmektedir; bu da Dünya benzeri bir gezegeni saptamaya yetecek hassaslık demektir. Kepler ekibinin şimdiye değin duyurduğu harici gezegenlerin çoğu, geçişin gezegenin varlığını doğrulayacak şekilde henüz tekrarlanmadığı "gezegen adayları"dır. Dünya'nınkine benzer bir yörüngede dolanan bir gezegenin varlığını kesinkes doğrulamak birkaç yıl alacaktır.

kodlamaktadır: Genler hayatın temelinde yatan proteinleri ve RNA moleküler mekanizmasını kodlarken, düzenleyici ağlar da genlerin bir organizmada nasıl ifade edileceğini belirler.[19] Bizim dip atamız olan ilk hücrenin 4 milyar yıl önce hangi süreçten geçerek evrildiğini asla bilemeyebiliriz, dolayısıyla bunun muhtemel veya ihtimal dışı bir olay olduğundan emin olamayız. Ne var ki sonucun sihirli değil de doğal ve fiziksel olduğundan eminiz.

Bizler Dünya'yı yaşama elverişli bir gezegen olarak düşünmeyi seviyoruz. Ama sadece insanlar ve diğer iri hayvanlar, hayatta kalabilmek için bu denli özel koşullara gereksinim duyuyor. Bizler, suyun kaynama noktasının üstündeki ve donma noktasının altındaki sıcaklıklara, tıkanmış lavaboları açmakta kullanılan kimyasal maddelerden akü asidininkine kadar değişen pH değerlerine, yer seviyesindeki havanın-

kinden yüzlerce kat fazla ve düşük basınçlara ve bizim için ölümcül dozlarda olabilen zehirli kimyasal maddelere dayanabilen alışılmadık mikroplarla gezegenimizi paylaşıyoruz. Bazı canlıların olağanüstü çevre koşullarında yaşayabilmesi bizim yaşam formumuzun çok dar bir fiziksel çerçeve içine hapsolduğunu göstermektedir.

Hayatın Dünya'da çabuk ortaya çıktığı, Dünya'nın her yanına yayılmış olduğu ve hayatı oluşturan unsurların başka birçok gezegende bir arada bulunduğu göz önüne alındığında, yaşamın bu gezegene özgü olduğunu düşünmek Kopernik ilkesine aykırıdır. Hayat için gerekli asgari ön koşullar kümesi, organik madde, yerel enerji ve su kaynağı, kimyasal tepkimelerin doğal ayıklanmayla yönetilecek bir organizmaya dönüşmesi için yeterli zamandır. Bu koşullar muhtemelen Güneş Sistemi'nin bir düzine yerinde, Samanyolu'nun ise belki milyarlarca noktasında mevcuttur. Yıldızlar âlemine daldığımızda olası başka hayatlara daha çok yaklaşırız.

Belki ileride bir gün bu yolculuğa çıkabileceğiz.

Güneş'in en yakın komşuları Centaurus Takımyıldızı'nın güneydoğu köşesindeki üç yıldızlı bir sistemin üyeleridir. Proxima Centauri çıplak gözle görülemeyecek kadar sönük, soğuk bir kızıl cücedir. 4,2 ışık yılı uzağımızdadır. Alpha Centauri A ve B 4,4 ışık yılı mesafede olup birbirlerine öyle yakınlardır ki 1752 yılına kadar ikili yıldız oldukları fark edilmedi. Aralarındaki mesafe Dünya-Güneş mesafesinin 24 katıdır; bu da karasal gezegenlerin ikili yörüngeden etkilenmemesini sağlayacak kadar büyük bir mesafedir. Kızıl cüce çok narin bir yaşam bölgesine sahiptir ve biyoloji için zararlı olabilecek alevleri emmektedir ama Alfa Centauri A ve B Dünya benzeri gezegenlere ev sahipliği yapabilir.[20] Üç araştırma grubu Doppler yöntemini kullanarak iki yılda sonuç almayı umdukları bir gezegen avını başlatmıştır.

Kepler uydusunun bulmayı umduğu Dünya benzeri gezegenler onlarca veya yüzlerce ışık yılı uzaklıkta olabilir. Eğer

Alpha Centauri sistemi bir ya da daha fazla Dünya benzeri gezegene sahipse bizler şu an yıldız ışığını gizleyip gezegen ışığının spektrumunda biyogöstergeler arayabiliriz; bu teknolojiye sahibiz. Bu, mikropların kanıtı olan fotosentez mekanizmasının işlediğine dair size bir işaret sunabilir. Zeki yaşamı tespit etmek zor değil. Dünya'ya bu kadar uzak mesafeden bakıyor olsaydık fabrikaları ve şehirleri göremezdik. O zaman?

O zaman oralara gitmek isterdik. Bunun en kolay yolu bir sonda göndermek. 1970'lerin teknolojisine dayanan *Voyager 1*'in doğru istikamette yönlendirildiğinde oraya gitmesi 80.000 yılı bulurdu. Şimdi enerji ihtiyaçlarını azaltmak için minyatürleştirme yöntemini kullanarak çok daha iyi sonuçlar alabiliriz. Işık hızının yüzde 10'u büyüklüğünde bir hızla giden bir nanobot söz konusu yolculuğu 50 yıldan daha kısa bir zamanda gerçekleştirebilir. Pratikte en iyi strateji dalga dalga nanobot filosu göndermektir. Böylece öncü sondalar her dalgada sinyal göndererek Dünya'ya veri ve görüntü yayını yapabilirler. Bu yolla sinyal verimli şekilde dönebilir; normalde bu mesafeden gönderilen bir sinyalin maruz kalacağı parazite maruz kalmadan, tıpkı yan yana dizilen itfaiyecilerin su kovasını elden ele geçirmeleri gibi. Daha hırslı bir yöntem ise insan göndermektir. Bilim-kurgu yazarları ve uzay vizyonerleri gemide yaşayıp ölen çeşitli nesillerden kolonilerin bulunduğu muazzam "Dünya gemileri"nden söz etmişlerdir.[21] Bu fikri gerçekleştirmek asırlar veya bin yıl sürebilir. Daha sabırsız yolcular kozmik ışığa dayanıklı metal tabutlar içine koyulup, dondurularak bilinmeyene gönderilmeyi tercih edebilirler. Ne bulacağız peki? *Avatar* filminde James Cameron Alpha Centauri A'ya yakın bir gaz devinin çevresinde dönen bir uydu olan hayali Pandora Dünya'sını gözlerimizin önüne getirmişti. İkili sistemdeki her iki yıldız da 5,7 milyar yaşındadır, dolayısıyla oradaki hayat bizimkine kıyasla bir milyar yıllık bir avantaja sahip olabilir. Biz Dünya'da bakteri

için neysek onlar da bizim için öyle olabilir. Hayal gücümüz Dünya dışındaki yaşam olanaklarını tasavvur edecek kadar zengin olmayabilir.

* * *

Gece gökyüzünde rahatlığı ararken onu bilindik takımyıldızlarda buluyorum. Sirius gökyüzünün ta yükseklerinde bariz parıldıyor ama Orion'a çok yakın gözüküyor. Civarda Küçükköpek Takımyıldızı'nda Procyon'u görüyorum ve o da her zamanki yerinden şaşırtıcı ölçüde uzaklaşmış, Gemini ikizlerinden birinin dibinde parlamakta. Güney tarafının uzağında yaz üçgenini görüyorum. Altair de yerinden uzaklaşıp kartalın başından kuğunun kuyruğuna geçmiş. Her şey seçilebiliyor ama lunaparklarda bulunan sihirli aynalardaki gibi eğri büğrü ve çarpık görünüyor.

Birden her şey anlamlı hale geliyor. Parlak kırmızı ışıltısını manzaraya düşüren şu sönük yıldız Proxima Centauri olmalı. Ve aynı sistem içindeki çift yıldız Alfa Centauri olmalı. Evden trilyonlarca mil uzaktayım.

Kayıp çocuğunu arayan bir ebeveyn gibi yıldız kümelerini kolaçan ediyorum. Sonunda hiçbir yere ait olmayan bir yıldız tespit ediyorum. Güneş. Gözlerimi kapıyorum ve irade gösterisinde bulunarak zihnime üşüşen düşünceleri yatıştırıyor ve beni bu yabancı diyara gönderen büyüyü bozmaya çalışıyorum. Gözlerim hâlâ kapalı haldeyken Dünya'ya dönüyorum. Bir arabayla işe gidiyorum. Ama bu, birkaç yıl önce sattığım bir araba ve yolcu koltuğundaki gazetenin manşetine göz attığımda korktuğum şey başıma geliyor. Evet, bu benim Dünya'm, ama dört yıl önceki haliyle. Dört yıl ışığın uzay boşluğunu geçip Proxima Centauri'ye ulaşması için gereken süredir. İmkânsız görünse de akan bir nehrin aynı noktasında ikinci kez yıkanmışım. Zamanın seyri içinde meydana gelecek olayları değiştirme gücüm yok.

Gözlerimi açıyorum. Yıldızlı manzara değişmemiş ve inatla tuhaflığını koruyor. Sonra çevremdeki manzarada bir hareket olduğunu sezince yere bakıyorum. Küçük çakıllar ve taşlar ayağımın al-

tından yavaşça kayıyor. İlk başta bunun ışığın bir oyunu olduğunu düşünüyorum, ama yere çömelince ilk izlenimimin doğru olduğunu fark ediyorum: Yer hareket ediyor. Sadece burada değil 10 metre ötede de. İleriye doğru yürüdükçe, 100 metre ve hatta bir kilometre ötede de aynı hareketlenmeyi hissediyorum.

Kurtçuk gibi canlılar bilinmeyen bir sebeple uyum içinde çalışarak toprağı eşeliyorlar. Bir tanesini elime alıyorum ve avucumda kıvrılıp duruyor, kör ve şeffaf. Durgun manzara aslında bir yanılsama. Bu dünya yaşamla kaynayan bir ekosistemi barındırıyor. Muazzam ölçekte bir biyoloji ve jeolojiyle kuşatılmış. Başka hangi yaşam formu bu kadar küçük ve güçsüz olup da bir gezegene şekil verebilir?

4

YILDIZ YUVASI

Nefes kesici bir güzellik. Gözlerimin değdiği her yerde perdeler ve cılız ışık demetleri var. Siyah bir kadifenin üzerine konmuş ateşböcekleri gibi yanıp sönüyorlar. Bulutlu manzara başımın üstünde ve ayaklarımın altında uzayıp gidiyor. Bir rahimdeymişim gibi kuşatılmışım. Ama yerçekimini hiç hissetmediğim için yukarı veya aşağı duygusu da yok. Bu yönsüzlük hissi bir an için içimi bir panik dalgasıyla sarıyor. Kolumu sağa sola sallıyorum, değişen bir şey yok. Sonra rahatlıyorum. Bir yerlere gizlenmiş devasa gece örümceği bana ne yapmak istiyorsa yapsın, umurumda değil. Elektrik ışığının şeffaf ağına hapsolmuşum.

Şimdi belli belirsiz bazı renkleri fark ediyorum. Onların anlamını hatırlamaya başlıyorum. Pembe en bol element olan hidrojenin yumuşak rengi. Şu yeşil ton oksijen, nebuladaki en genç yıldızların çevresini kuşatan sıcak gaz katmanlarına sızmış. Nefes alıp verecek kadar oksijen yok ve paslanacak bir metal de yok etrafta. Sülfür parıldayan sıcak turuncu renkte. Zararlı kokusu çok hafif burnuma geliyor. Neondan yayılan kıpkızıl ışık huzmelerini görebiliyorum. Yıldızlar göz alıcı bir şekilde doğumlarını ilan ediyor.

Bilindik olana yakın olmak onu bize yabancılaştırabilir, ama Homeros'un Odysseia*'sının büyük avcısı Orion'un kucağında olduğumu fark ediyorum. Önümde bir nebula var; merkezine, bir yamuk biçimi oluşturan parlak yıldızlar yuvalanmış; doğumdan hemen sonra, yıkanıp temizlenmeden bir beze sarılıp sarmalanmış*

bebekler gibiler. Başımı uzatınca bedenimin bir gölge düşürdüğünü görüyorum. Omzumdan geriye baktığımda gördüğüm süper dev Alnilam'ın mavi-beyaz ışığı öylesine yoğun ki direkt ona bakamıyorum. Daha ötede Dünya'ya yarı mesafede Rigel ve Betelguese gözcü gibi duruyor. Gergin bir halde hücum gemisi arıyorum ama bir tane bile göremiyorum.

KOZMİK KAZAN

Tarihöncesi zamanlardan beri insanlar Dünya'daki yaşamın Güneş sayesinde sürdüğünü anlamışlardı ama enerjinin kaynağını pek kestiremiyorlardı. Yunanlı filozof Anaksagoras MÖ 499'da zengin bir ailenin çocuğu olarak dünyaya geldi.[1] Genç bir adam olduğunda, yeni yeni büyüyen Yunan imparatorluğunun merkezi olan Atina'ya göç etti ve Perikles, Euripides ve Sokrates'e dersler verdi. Güneş'in Peloponez yarımadasından daha büyük akkor bir kaya olduğunu savunarak antik anlayıştan kararlı bir kopuşa imza attı. Aynı şekilde yıldızların da ısılarını hissedemeyeceğimiz kadar uzakta bulunan göz kamaştırıcı cisimler olduğunu düşünüyordu.

Bu cesur iddia Anaksagoras'ın başına dert açtı. Güneş'in bir tanrı değil de somut maddi bir cisim olduğunu öne sürme cüretinde bulunduğunu için zındıklıkla suçlanıp ölüme mahkûm edildi. Neyse ki nüfuzlu hamisi Perikles araya girip cezayı hafifletti. Anaksagoras sürgünde öldü ama doğa hakkındaki zekice fikirleri modern bilim için öncü niteliği taşıdı.

Güneş'in yaydığı muazzam enerji hakkında doğru bir fikir edinebilmek için onunla aramızdaki uzaklığı bilmemiz gerekiyor. MS birinci yüzyılda Ptolemy Güneş'in Dünya'ya olan uzaklığının Dünya'nın yarıçapının 1200 katı olduğunu ileri sürdü; bu değer gerçek uzaklığın 20 kat altındadır. Güneş'in uzaklığı ve büyüklüğü ancak 1672'de doğru hesaplanabildi. O yıl Giovanni Cassini ve genç yardımcısı Jean Richter aynı zamanda Paris ve Fransız Ginesi'nden Mars'ı gözlemlediler.

Paralaksı ölçerek Dünya ile Mars arasındaki uzaklığı hesapladılar ve Kepler yasalarını kullanarak Dünya ile Güneş arasındaki mesafeyi buldular. Güneş 1 milyon mil çapında ve 100 milyon mil uzaklıktaydı.

Ilıman bir bahar gününde yere bir buz küpü koyduğunuzda yaklaşık 40 dakikada erir. Güneş'ten 100 milyon mil uzaktaki herhangi bir noktada buzun akıbeti budur. Dolayısıyla 200 milyon mil çapında 2,5 santim kalınlığında bir buz küresi hayal edebiliriz ve bu küre de Güneş tarafından aynı sürede tamamen eritilir. Bu kabuğu küçültüp Güneş'in yüzeyine yayarsak 4500 metre kalınlığına çıkar ve Dünya'nın yüzeyinden 10.000 kat daha geniş olur. İçine nüfuz edilemeyen muazzam bir buzul kütlesine benzer. Güneş bu kütleyi de 40 dakika içinde eritir.

Güneş'in parlaklığı yıldan yıla veya nesilden nesle fark edilebilir ölçüde değişmez. Bir milyon Dünya onun içine sığabilir. Böylesine müthiş bir enerjiyi ne sağlayabilir? On dokuzuncu yüzyılın ortasında bu sorunun bariz cevabı kömür, gaz veya petroldü, yani Sanayi Devrimi'ni yürüten kimyasal yakıtlar. Güneş'i bir milyon mil genişliğindeki bir küreye yayılmış bir petrol çamuru veya kömür topağı olarak hayal etmek garip gelebilir ama bilimadamları bu fikri ciddiye alıp hesaplamalar yapmaya başladılar. Sonuç: fosil yakıttan oluşan bir Güneş, saf oksijen ortamında yanıyor olsaydı bile 5000 yılda sönerdi.

William Thomson Güneş'in enerji kaynağını açıklamak gibi zorlu bir işe soyundu. Zamanının en parlak bilimadamıydı ve 600 sayfayı aşkın yazılar yazmış üretken bir mucitti. Beş kez Royal Society'ye başkan seçilmişti ve Kraliçe Victoria tarafından şövalyelik unvanıyla ödüllendirilmiş ve ardından Lord Kelvin namıyla "mutlak" sıcaklık ölçüsüne damgasını vurmuştu.[2] Kelvin kütleçekiminin ısı kaynağı olduğunu fark eden Alman fizikçi Hermann von Helmholtz'un önceki çalışmasını açımladı. Ne de olsa büzüşen bir gaz ve toz bulutu Güneş'in oluşmasına yol açmıştı. Güneş'in enerjisinin sürgit

kütleçekimsel büzülmeden kaynaklandığını hayal etmekten daha doğal ne olabilirdi? Kelvin büzülen bir Güneş'in kütleçekimini ısıya çevirdiğini tahmin ediyordu. Dünya'ya ulaşan enerjinin oranına bakılırsa, Güneş'in kendisini 30 milyon yılda bir noktaya indirgeyecek oranda çöküş yaşaması gerekiyordu. "Muazzam ölçüde büzülen bir Güneş'in" kanıtlarını göremediğimiz için, bu rakamın Güneş'in yaşına bağlı bir üst sınırı olması gerekir.

Bu, en hafif deyişle, ciddi bir problem oluşturuyordu.

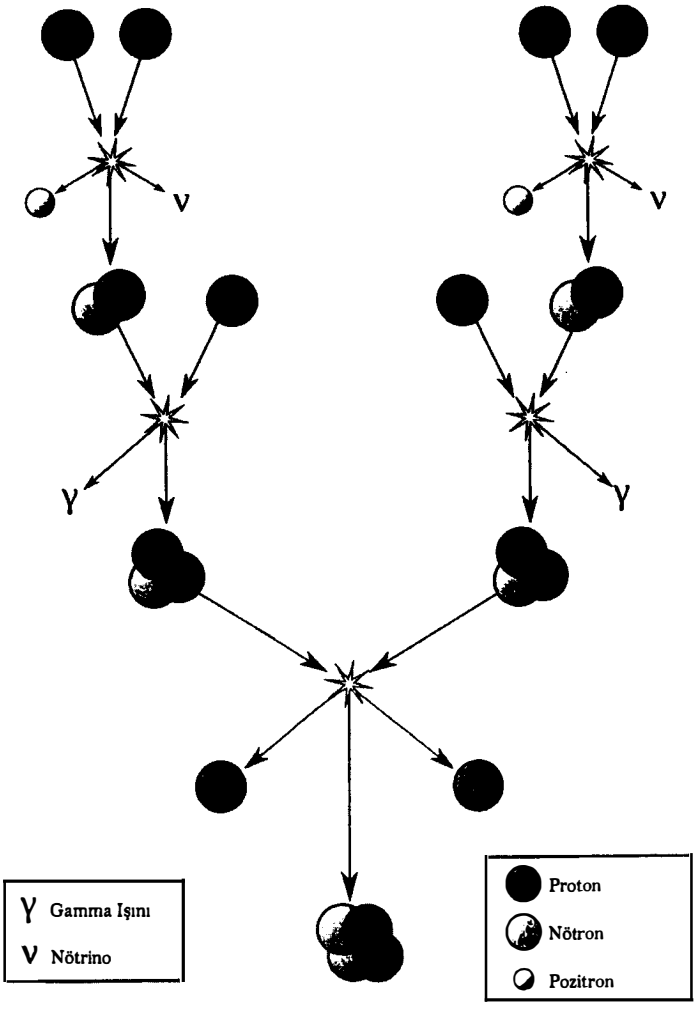
Charles Darwin *Türlerin Kökeni* adlı kitabını yazalı çok olmamıştı ve bu kitapta Darwin basit bir dip atadan bu kadar zengin çeşitliliğe sahip türlerin evrilebilmesi için yüz milyonlarca veya milyarlarca yılın geçmiş olması gerektiğini tahmin ediyordu. Darwin aynı zamanda İngiltere'nin güneyindeki Kuzey ve Güney Kumulları arasındaki vadinin erozyonla aşındırılıp süpürülmesi için ne kadar zaman gerektiğini de hesaplamıştı: 300 milyon yıl. Ve jeologlar Dünya'nın katmanlaşmasının onun çok eski bir gezegen olduğunu gösterdiğini ileri sürmüşlerdir.[3] Kelvin de ilk eriyik Dünya'nın soğuyarak şimdiki sıcaklığına inmesi için 200 milyon yıl geçtiğini tahmin ederek meseleye katkıda bulundu. Darwin yaş tartışmasına öylesine sinirlenmişti ki zaman ölçekleriyle ilgili tüm ifadeleri kitabının sonraki baskılarından çıkardı.

Meselenin çözüme kavuşturulması için aradan yirmi otuz yıl geçmesi gerekti. Yirminci yüzyıl dönümünde fizikçiler kimyasal yanmadan ve hatta kütleçekimsel enerjinin ısıya dönüşmesinden daha güçlü bir enerji kaynağının var olduğunu buldular. Radyoaktivite atomların bozunmaz olmadığını ve muazzam enerji yayabileceklerini gösterdi. Atomların bir kaleyi andıran minik bir çekirdekte yoğunlaşmış bir kütleyle birlikte çoğunlukla boş uzaydan oluştuğunu saptayan Ernest Rutherford normal bir taştaki ağır radyoaktif elementlerin yaydığı enerjiyi hesapladı. Bulduğu sonuç soğuyan bir Dünya'nın tahmini yaşını milyarlarca yıla çıkarmaya yetiyordu.

Muammanın ikinci boyutu 1905'te gün yüzüne çıktı. O yıl Albert Einstein meşhur $E = mc^2$ formülünü özel görelilik kuramının bir sonucu olarak türetti. Işık hızının karesi çok büyük bir sayıdır, dolayısıyla onun denklemi çok küçük miktarda bir kütlenin büyük miktarda enerjiye dönüştürülebileceğini göstermiştir. O zamanlar hiç kimse bu sonucun Güneş'le bağlantısını fark etmemişti.

Sonra 1920'de fizikçi Francis Ashton şaşırtıcı bir keşif yaptı; ağır elementler parçalarının toplamından daha hafifti. Şayet bir terazinin kefesindeki ağırlıklara 1 kilo eklerseniz toplam ağırlık, 1 kilo, yani eklediğiniz kadar artar. İki tane 1 kilo eklerseniz 2 kilo artar. Üç tane 1 kilo eklerseniz 3 kilo artar. Mantık bunu söyler. Ama atomlarda işler böyle yürümez. Bir helyum çekirdeği kendisini oluşturan iki proton ve iki nötronun toplamından biraz daha hafiftir. Çekirdek aritmetiğinde $1 + 1 + 1 + 1 < 4$'tür. Aynı yıl meşhur İngiliz astrofizikçisi Sir Arthur Eddington "eksik" kütlenin Einstein denklemine göre enerji olarak kaybolduğunu tespit etti. Dolayısıyla hidrojenlerin birleşip helyuma dönüşmesi Güneş'i on milyarlarca yıl parlak tutmaya yetecek bollukta enerji üretebilir. Füzyonun büyük imkânlarıyla birlikte insanlığın geleceği için arz ettiği tehlikeleri de önceden görmüştü: "Eğer gerçekten atomaltı enerjiyi, bu enerjinin doğduğu büyük fırınları sürdürmek için serbestçe kullanabilirsek, insan soyunun iyiliği –veya intiharı– için bu gizil gücü kontrol etme rüyamızı gerçekleştirmeye biraz daha yaklaşmış oluruz."[4]

Hikâyedeki son husus şudur: Kuantum garipliği. Klasik fizikte iki protonun pozitif elektrik yükleri onların birleşmesini engelleyen aşılmaz bir bariyer oluşturur. Atom çekirdeği aslında zapt edilemez bir kaledir. Fakat kuantum kuramında protonların birleşecek kadar yakınlaşması ihtimal dâhilindedir. İkinci Dünya Savaşı'ndan hemen önce Cornell'de çalışan Hans Bethe bütün ayrıntıları ortaya çıkardı. Bethe nükleer fiziğin takdir edilen üstatlarından bi-



Şekil 4.1. Güneş'e enerji veren ve proton-proton zinciri diye adlandırılan üç aşamalı nükleer tepkime. İlk aşamada (üst) iki proton birleşerek döteryumu, yani "ağır" hidrojeni oluşturur. İkinci aşamada (orta) bir proton döteryumla birleşerek helyumun hafif izotopunu oluşturur. Son aşamada (alt) iki hafif helyum çekirdeği birleşerek tek bir normal helyum çekirdeği oluştururken, sonraki tepkimeleri hızlandırmak için dışarıya iki proton yayılır. Her aşamada enerji açığa çıkar.

riydi ve konuyla ilgili üç yazısı "Bethe'nin İncili" diye bilinmektedir. Sıcaklığın 15 milyon derece olduğu Güneş'in hacminin iç kısmındaki yüzde 2'lik parçada üç aşamalı füzyon tepkimesiyle 4 x 10^{26} vat enerji açığa çıkmaktadır (Şekil 4.1). Her saniye Güneş 20 gökdelen ağırlığındaki kütleyi, ışıyan enerjiye dönüştürmektedir.[5] Gamma ışınlarının yaratıldığı kazanı görmüyoruz. Bu fotonlar enerji kaybedip sarhoş yürüyüşüyle ilerleyerek yaklaşık 100.000 yılda merkezden çıkış yolunu bulurlar. Yüzey diye adlandırdığımız bölgeye geldiklerinde fotonlar sekiz dakikada Dünya'ya ulaşırlar.[6]

Bizler Güneş'i kanıksamışızdır ama aslında o çok garip bir gökcismidir. Merkezinde çok sıcak ama sudan 150 kat yoğun gaz halindeki madde bulunur. Toplam enerji üretimi her saniye patlayan 100 milyar megaton TNT'ye eşittir. Buna rağmen Güneş bomba değildir. Termostatik kontrole sahiptir ve yıldan yıla ve binyıldan binyıla kararlıdır. Merkezdeki güç üreteci metreküp başına sadece 280 vat gücündedir; bir gübre yığınıyla aynı güce sahiptir. Güneş'in mucizevi enerjisi, birim hacim başına üretilen yüksek enerjiden değil devasa toplam hacminden kaynaklanır.

BİR YILDIZ DOĞUYOR

"Yukarıda yıldızlarla bezeli gökyüzümüz var ve arkamıza yaslanıp onu seyretmeye ve yıldızlar yaratıldı mı yoksa yeni mi oluştu, onu tartışmaya alışığız." Böyle diyor Mark Twain'in Huck Finn karakteri ve haklı olduğu bir nokta var. Yıldızlarla dolu gökyüzüne baktığınızda onların zarif bir biçim ve düzene sahip olduklarını görürsünüz. Adeta dünyadışı bir yaratık veya üstün bir zekâ onları oraya koymuş gibidir. Güneş sistemimizde civarda sönen bir yıldızın tetiklemesiyle büyük ve yaygın bir gaz bulutu çökerek Güneş ve onun çevresinde dolanan sekiz gezegeni oluşturabilir. Fakat

bu hikâyenin genele uygulanabileceğinden ne kadar emin olabiliriz? Fizikçiler Mark Twain kadar güzel hikâyeler anlatmıyorlar, ama yuvarlak bir inek hikâyesine teşneler. Görünüşe bakılırsa mandıranın süt üretimiyle ilgili bir sorunu var, bu nedenle yerel üniversiteden uzman çağırıyorlar. Ne yazık ki bir kuramsal fizikçi ekibin başına getiriliyor. Ekip haftalarca veri topluyor ve fizikçi bu verileri toplayıp bir rapor hazırlıyor. Raporun şu ilk cümlesini okur okumaz çiftçinin yüzü asılıyor: "Bir vakum içinde duran yuvarlak bir inek düşünün..."

Buradan alınacak ders; fizikçilerin ve astrofizikçilerin genellikle gerçeğe tekabüliyet büyük ölçüde azalsa bile bir problemi en basit haline indirgeyip problemi daha çözülebilir hale getirdikleridir. Çoğu zaman ilerlemenin tek yolu budur. İnekler yuvarlak olamazlar, keza yıldızların oluştuğu bölge de yuvarlak olmaz. Hubble Uzay Teleskobu'ndan alınan görüntüler en yakın yıldız oluşum bölgesinin gaz ve tozdan ibaret kaotik bir karmaşa olduğunu göstermektedir. Ve ne kadar çok istesek de yuvarlağa uzaktan da olsa benzeyen bir şey göremeyiz. Yuvarlak inekten ne kadar uzakta olduğumuzu anlamak için gelin, Orion Nebulası'na bakalım.

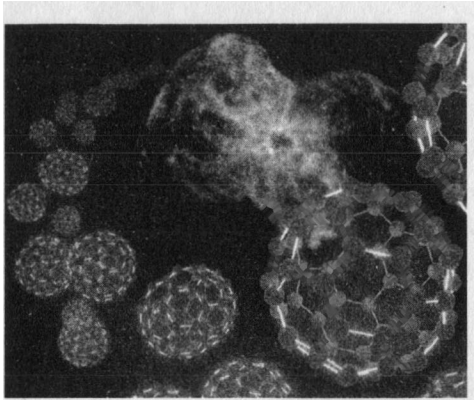
Ama önce kızılötesi görüşe ihtiyacımız var.

1800'de astronom William Herschel yayılan güneş ışığının oluşturduğu gökkuşağının farklı renklerinin içine termometre koydu ve en fazla ısı artışının gözünün görebileceği en kırmızı rengin ötesinde gerçekleştiğini saptayınca şaşırdı.[7] Güneş'in ışıması Dünya'nın yüzeyinde metrekare başına bir kilovat enerji üretir ve bunun yarısından fazlası görülemeyecek denli uzun dalga boylarındadır. Herschel, bu "kızılötesi ışınların" tıpkı görünür ışık gibi yansıtılabilir, taşınabilir ve emilebilir olduğunu gösterdi. Bir asır sonra Dartmouth ve MIT başkanı olarak görev yapmış fizikçi Ernest Fox Nicolas başka bir yıldızdan yayılan kızılötesi ışını saptadı. Yeni kızılötesi astronomi yavaş yavaş gelişti ve 1970'lerde yeni dedek-

tör teknolojisi çok sayıda astronomik cismin kızılötesi ışınlarla tespit edilmesini sağladı.

Nasıl ki gece görüş gözlükleri karanlıktaki nesneleri yaydıkları kızılötesi ışınlar sayesinde "görüyorsa", astronomlar da görünür ışıkta parlamayacak kadar soğuk bölgeleri görebilmek için öyle kızılötesi kameralar kullanırlar.[8] Yıldız oluşum bölgeleri gazla karışık çok küçük toz zerreleri barındırır ve toz kısa dalga boylarındaki ışımayı yaymada, uzun dalga boylarına kıyasla daha verimlidir (ve bu etki gökyüzünün neden mavi, batan güneşin de neden kızıl olduğunu açıklamaktadır). Bir gaz ve toz sisi içinde Orion'u görürüz. Görünür ışığın iki dalgasından sadece biri dışarı kaçıp, Orion'u bulanık gaz olmadığı zamanki sönüklüğünden iki kat daha sönük gösterir. Nebulanın en derin ve karanlık bölgeleri görünür dalgaların sadece 1000'de 1'ini dışarı yayacak kadar mattır. Sisli bir sahilden bakmak gibidir. Fakat kızılötesi ışıma çok daha az etkilendiği için nebulanın derinliklerini görmemize olanak tanır. 20/20'lik kızılötesi görüşe sahip olsaydık yıldızların oluştuğu Orion'da ne görürdük?

Açılıştaki kısa hikâyede hayal ettiğimiz geziye dönelim. Orion'a yaklaştığımızda Samanyolu'nun kocaman spiral kollarından birinin ucuna geliriz, böylece yoğunluk ortalamanın biraz üstüne çıkarak yaklaşık santimetre küp başına bir atom düşer. Bu yoğunluk, insan yapımı en iyi vakumdan 100 milyon kat daha seyrek ve sonuçta Dünya'nın deniz seviyesindeki havasının yoğunluğundan bir trilyon kat daha düşük bir yoğunluktur. Uzayın en hareketli bölgeleri bile oldukça boştur. Solgun akkor halindeki bir gazın ince örtüsünden geçip nebulaya; yani kuyrukluyıldız avcısı Charles Messier'in kırk ikinci sıraya koyduğu gökcismine giriyoruz. Yıldız oluşum bölgesini baştan sona kat etmek 100 ışık yılını almaktadır ama 20 ışık yılı genişliğindeki merkezde 2000 yıldızdan oluşan ışıl ışıl bir kümeye yöneliyoruz. Sıcaklık mutlak sıfırdan 30 derece yukarıda, ortalık ayaz.



Şekil 4.2. 2010'da Spitzer Uzay Teleskobu uzayda moleküller saptadı. Futbol topu şeklindeki bu karbon moleküllerinin ölen bir yıldızın çevresindeki bölgeden çıktığı görüldü. Yukarıdaki görüntü bu büyük moleküllerin hayali bir görüntüsüdür ve yıldızlar arasındaki soğuk uzayın karmaşıklığını bize göstermektedir.

Şimdi dev bir moleküler bulutun içindeyiz. Yoğunluk başlangıçtakinden yüzlerce kat fazla, ama hâlâ neredeyse kusursuz bir vakumun içindeyiz. Yüksek yoğunluk ve aşırı soğuk hassas moleküllerin bir arada hayatta kalabildiğini gösteriyor. Hidrojen moleküllerinden ayrı olarak, karbondioksit, zehirli amonyak kokusu ve sessiz katil –karbonmonoksit– mevcut. Ayrıca 130'u aşkın farklı türde molekül düşük yoğunluklarda mevcutlar. En büyük molekül 2010'da keşfedilen ve 60 karbon atomundan oluşan molekül. Diğer örnekler formik asit, benzen, etilen glikol, metan, aminoasit glisin ve son derece zararlı kimyasal maddeler olan aseton ve hidrojen siyanürü içeriyor (Şekil 4.2). Aydınlık tarafta çokça içki var. En iyi tahminle 200 alkol derecesine sahip 10^{28} dikişlik etil alkol.[9] Bu oran yeryüzündeki herkesi birkaç trilyon yıl sarhoş tutmaya yeter. İyi ki bar 1300 ışık yılı uzaklıkta.

Molekül bulutunun yoğun merkezine doğru yaklaştıkça her yer cehennem gibi sıcaklaşır. Milyonlarca yıl önce ne-

buladan ayrılmış firari yıldızlar saatte yüz binlerce mil hızla ilerlemektedirler. Yeni doğan yıldızlardan yayılan yoğun kızılötesi ışıma hidrojen atomlarının çoğunun elektronlarını koparmıştır. Kaynayan gazın her yerinden sürekli atış yapılır. Güneş Sistemi'nden 10 kat daha büyük olan gazın süpersonik "mermileri" yoğun hidrojen bulutlarını deler ve onların demir bakımından zengin uçları mavi mavi parlar. Yoğun mikrodalga emisyonu maser ışınlarının göstergesi olan dar spektrum çizgilerinde toplaşır. İnsanlar altmış yıl öncesine kadar laboratuvarda düzenli ışımayı nasıl gerçekleştireceklerini bilmiyorlardı. Oysa doğa bunu milyarlarca yıldan beri yapmaktadır.

Şimdi gezimiz zorlaşıyor. Molekül bulutunun daha derinlerine indikçe yoğunluk Güneş'in çevresindeki bölgenin yoğunluğundan milyonlarca kat daha yüksek olsa da hâlâ en iyi karasal vakumdan çok daha azdır. Gaz ve toz yavaş yavaş çevredeki yıldızların görüş alanından çıkmasına yol açar. Yıldızlar tamamen kaybolmadan önce kenarları eğri büğrü olan mürekkep gibi simsiyah küçük lekeleri fark ederiz. Buralar tek bir yıldızın veya bir avuç yıldızın oluşmakta olduğu bir ışık yılı genişliğinde yoğun ve donuk bölgelerdir. Adeta en şiddetli gök gürültüsünün içindeymişsiniz gibi türbülans artar. Görünmez manyetik alanların ilmek ilmek ördüğü gaz süpersonik hızda hareket eder. 10.000 tane Güneş'in kütlesine denk gelen bu muazzam bulutun içindeki basınç ağırlığı kaldıramaz, bu nedenle kütleçekimsel serbest düşüş içinde çöker.[10] Bulut yüzlerce küçük bölgeye ayrılır ve her bir bölge dönerek küçülen yuvarlak bir ineğin uygun bir kopyasını oluşturur. Bunlar yavru yıldızlardır.

Çöken gazın bir ilmeğini takip ediyoruz. Bulutun merkezinde yükselen sıcaklık çöküşü durduruyor ve şoke edici sıcaklıktaki gaz, merkeze çöküyor. Kızılötesi görüşle bile karanlığın içine bakmakta zorlanıyoruz. Çekirdek 2000 Kelvin dereceye çıkıp mat bir kızıl renkte parlıyor. Sıcaklık molekül-

leri birbirinden ayırıyor ve hidrojen ve helyum atomlarından elektronlar koparılıyor. Bu süreçler büzülmenin enerjisini emiyor ve büzülmenin devam etmesini sağlıyor. Merkezde kütlesi Güneş'inki kadar olan bir cisim oluşuyor. İlkel yıldız evresi 100.000 yıl sürüyor.

Plazma topu büzülmeye devam ediyor ama henüz bir yıldız değildir. Bütün enerji kütleçekimsel büzülmeden gelmektedir. Bu evre 100 milyon yıl sürer, dolayısıyla Kelvin tahmininde fazla yanılmamıştı. Merkezdeki cisim civardaki gazı temizlemek için gereken ışımayı yayar ve dönme ekseninin uçları boyunca jet hızıyla giden gazlar püskürtür. Bu arada ekvator düzlemindeki gaz ve toz katılaşarak ince bir disk oluşturur; işte bir gün gezegenler bu diskte oluşacaktır. Hubble Uzay Teleskopu Orion Nebulası'nda yüzlerce ilkel gezegen diski saptamıştır. Müstakbel gezegenlerin doğumu için plasenta işlevi gören bu bölgeler güneş sistemimizden 10 ila 20 kat daha büyüktür.

Gaz topu büzülürken sıcaklığı artar, kendini cüce yıldız oluşumunun zorluklarına hazırlar. Merkezdeki sıcaklık bir milyon dereceye çıktığında az miktarda döteryum ve lityumu yakarak birleştirir. Merkez 10 milyon derece ısıya çıktığında hidrojenden helyum oluşturan üç aşamalı dans sahnede ön plana çıkar. Sahne ışıkları bu dans üzerinde toplanır ve bir yıldız doğar.

YILDIZLARI GEZMEK

Doğa kuvvet yasalarını sever. Doğal dünyada bir nesneler sınıfı içinde her nesnenin aynı büyüklüğe sahip olması veya her olayın aynı tesire sahip olması son derece ender görülen bir durumdur. Her zaman küçük veya büyük farklılıklar söz konusudur. Bir kuvvet yasasında bir olayın etkisi olayın bir niteliğiyle logaritmik olarak değişir.[11] Ayrıca doğa küçük şeyleri veya zayıf olayları da sever. Hatta genellikle büyük veya güçlü şeylerden ziyade küçük veya zayıf şeylere rastlarız.

Bu yaklaşım çok soyut kaçtı. Gelin daha açık konuşalım. Fizik biliminde kuvvet yasaları, aydaki kraterlerin büyüklüğünü, Güneş alevlerinin gücünü ve (bizim şansımıza) depremlerin ve kasırgaların şiddetini açıklar.[12] Biyolojide büyüme hızları, ortalama ömür ve metabolizma hızları hep kuvvet yasaları gibi bir dağılım sergiler. Gündelik hayatımıza bile kuvvet yasaları hükmeder. Elektrik kesintilerinin ve trafik rötarlarının büyüklük dağılımı, şehirlerin nüfusu, İngilizce kelimelerin uzunluğu, aile isimlerinin sıklığı, kitap ve müzik albümlerinin popülaritesi ve borsanın günlük iniş çıkışları... Bunların hepsi kuvvet yasalarıyla ilgilidir.

Yıldızlar için de aynı şey geçerlidir. Devasa yıldızlardan daha çok ufak yıldızlar var. Yıldızlar için geçerli kuvvet yasası, Güneş'ten 100 kat büyük her bir yıldıza karşılık Güneş'ten 10 kat büyük yaklaşık 200 yıldızın, Güneş benzeri yaklaşık 40.000 yıldızın ve Güneş'in onda biri büyüklüğünde 2,5 milyon yıldızın bulunduğunu belirtir. Bu sayılar aslında şaşırtıcı değildir, çünkü kütleçekimi kuvveti de kuvvet yasasına bağlıdır. Dolayısıyla kütleçekimiyle ortaya çıkan cisimler çeşitli ölçeklere sahip olabilirler ve mesafe arttıkça kuvvet azaldığından çok büyük cisimler küçüklere nazaran daha az sayıda olacaktır. Parçalanan bir molekül bulutunun kaos ve türbülansı her nasılsa bir kuvvet yasasının basitliğini ortaya koymaktadır.

Şayet yıldızlar kütlenin dağılımını belirleyen kuvvet yasasının bir yansıması olarak oluşuyorsa, bu süreç neden sonsuza dek devam etmiyor? Başka bir deyişle, neden bir galaksi büyüklüğünde veya cebinize sığabilecek kadar küçük yıldızlar yok?

Cevap doğanın kütle aralığının iki ucuna da sınırlama koyduğudur. Şayet bir gaz bulutu Güneş'in kütlesinden yaklaşık 120 kat daha büyük olduğunda (kesin sınır gözlem yoluyla tastamam saptanmış değildir) kütleçekimsel serbest düşüşe geçer, ama çöküşü öylesine şiddetli olur ki cisim kendini patlatır ve kararlı bir yıldız oluşturmaz. Bir yolunu bulup daha

yumuşak bir şekilde çökse bile ortaya çıkan enerji yıldızın dış kabuğunu sıyırıp atacak derecede şiddetli olur.

Çok büyük yıldızlar haylazdır. Müthiş parıldarlar ve Güneş'ten milyonlarca kat fazla ışık yayarlar. Güneş'in "yakıt tankının" 100 katı büyüklüğündeki bir yıldızın tahminen Güneş'ten 100 kat daha uzun yaşaması gerekir, ama pratikte yakıtını çok hızlı tükettiği için ömrü Güneş'ten binlerce kat daha kısa, sadece birkaç milyon yıldır. Bu yıldızlardan bazıları, bizim atamız *Homo habilis*'in Doğu Afrika'daki Büyük Yarık Vadisi'nde gezinmesinden beri doğup ölmüş olabilir. Masif yıldızlar oldukça enderdir ve en yakın örnekler de öylesine uzaktır ki hangisinin en masif olduğunu kestirmek zordur.

7500 ışık yılı uzaklıktaki çift yıldız sistemi Eta Carinae iyi bir adaydır. İki yıldızdan oluşan bu sistemin birinci bileşeni Güneş'ten 100 kat büyük kütleye sahip mavi ışık saçan bir yıldızdır. Edmund Halley bu "süper yıldızı" listelemiştir. On dokuzuncu yüzyılın ortasında Eta Carinae gökyüzündeki en parlak ikinci yıldızdı[13] ama yirminci yüzyılın ilk yarısında gözden kayboldu. Daha yakın zamanda çıplak göze görünür hale geldi. Bu masif yıldız süpersonik hızda gaz yaymaktadır. Gaz 60 milyon dereceye kadar ısınmakta ve bu derecede X-ışınlarıyla parlamaktadır. Eta Carinae yakında sönecektir ama yıldız modelleri onun tam olarak ne zaman söneceğini öngörmeye yetecek kadar iyi değil. Astronomlar ihtiyatlı gözlerini ondan ayırmıyorlar.

Çekirdekteki sıcaklığın hidrojen füzyonunu başlatmaya yetecek kadar yüksek olmadığı durumlarda küçük kütleli yıldızlar oluşur. Bu tür yıldızlar, Güneş'in kütlesinin yüzde 7,5 ila 8'i veya Jüpiter'in kütlesinin 75 ila 80 katı büyüklüğünde kütlelere sahiptir. En ufak yıldızın yüzey sıcaklığı ancak 3500 Kelvin derece kadardır, yani "soğuk"tur. Bu nedenle onlara kırmızı cüce denir. Astronomlar yıllardır sönük yıldızlara veya kahverengi cücelere kafa yormuşlardır ama bu yıldızla-

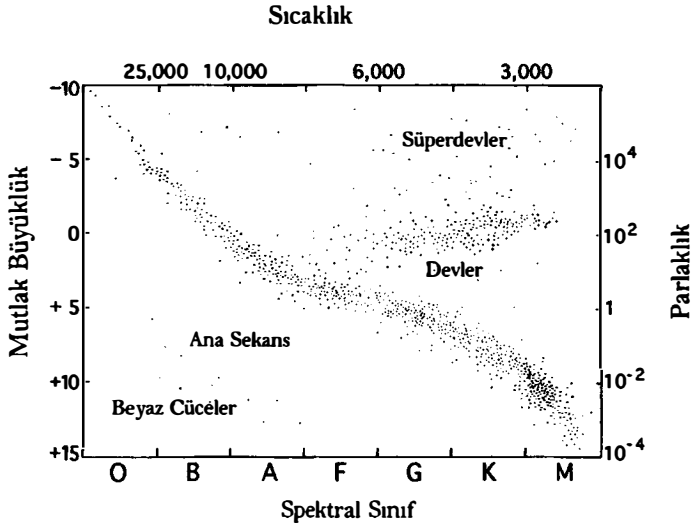
rın son derece sönük olması onları tespit etmeyi çok zorlaştırmaktadır.[14] Kahverengi cüceler Güneş Sistemi'nin dışındaki gezegenler kadar ilgi görmezler ama onların oluşum hikâyesi de aynıdır. Kahverengi cücelerin ilk kanıtı 1995'te elde edildi ve şimdi olanlardan yüzlerce olduğunu biliyoruz. Kayan yıldız tamamen görünmez olana değin yavaşça söner.

Küçük kütleli yıldızlar cimridir. Yakıt tankları Güneş'inkinden 10 kat daha küçük olabilir, bu nedenle onların hemen söndüğünü sanabilirsiniz. Fakat Güneş'in enerjisinin yüzde 0,01'i oranına parladıkları için binlerce kat daha uzun yaşayabilirler. Bu da demektir ki şimdi oluşan bir kırmızı cüce bundan 10 trilyon yıl sonra bile hidrojen füzyonu yapan daimi bir yıldız olarak ömrünü sürdürecektir.

Yıldızlar kitabına hoş geldiniz.

1910'da Enjar Hertzsprung ve Henry Norris Russell yıldızların nasıl parladığını anlamaya çalıştılar. Bir grup yıldız için yüzey sıcaklığına karşı aydınlık veya mutlak parlaklık grafiğini çıkardılar. Dağınık bir diyagram beklerlerken, yıldızların özelliklerinin grafiğin bazı bölgelerinde yoğunlaşıp diğerlerinde seyrekleştiğini görünce şaşırdılar. Grafiğin açık ara en güçlü özelliği, bir grup yıldızın aydınlık ve sıcak bölgeden sönük ve soğuk bölgeye doğru yılan gibi kıvrılmasıydı. Bu eğilim çizgisine "ana sekans" adını verdiler. Diğer özelliklere sahip yıldız kümeleri grafiğin farklı yerlerinde gözüktü (Şekil 4.3). Hertzsprung ve Russell bir "hayvanat bahçesi" haritası yaptılar. Bu, hayvanların nerede yaşadığı gösteren bir harita değil de onların fiziksel özelliklerinin ilişkisini saptayan bir haritaydı.

Diyagram meseleyi doğrudan doğruya açıklığa kavuşturamadı ama Eddington bu diyagramı kullanarak yıldızlarda enerji oluşumuna dair bir fizik kuramı geliştirmeye kafa yordu. Şimdi biliyoruz ki ana sekans hidrojeni birleştirerek helyuma dönüştüren, Güneş dâhil bütün yıldızların oluşturduğu bir kümedir. Bunlar tıpkı balıklar gibi farklı kütle ve



Şekil 4.3. Hertzsprung-Russell veya HR diyagramı yıldızları anlamada temel bir araçtır. Fotosferin (ışıkküre) sıcaklığına karşı aydınlığın (veya astronomların kullandığı anlamda spektral sınıfa karşı mutlak büyüklüğün) grafiğidir bu. Güneş gibi yıldızlar onları "ana sekans"a yerleştiren özelliklere sahiptir. Bu yıldızların hepsi hidrojenleri birleştirerek helyuma dönüştürür. Sol üst köşedeki Güneş'ten daha ağır yıldızlardan sağ alt köşedeki Güneş'ten daha hafif yıldızlara kadar uzanırlar. Grafiğin diğer kısımlarındaki bütün yıldızlar farklı enerji kaynağına sahiptir.

büyüklüklere sahip yıldızlardır. Bu yıldızlar çok parlak ve gösterişlidir ama az sayıdadırlar ve çabucak sönerler. Küçük kütleli yıldızlar uzun ömürlü olmalarından ötürü sayısal açıdan çoğunluktadır. Evrendeki yıldızların hikâyesi aslında hantal kırmızı cücelerin biraz sıkıcı hikâyeleridir.

Balık havuzunun önünde durup yüzen balıkları seyretmek hoştur ama sonunda başka hayvanları da tanımak istersiniz. HR diyagramı onları ana sekanstan uzaklaştıran özelliklere sahip yıldızları da içerir. Büyük cisimler küçük cisimlerden daha hızlı soğur, bu nedenle parlak ve soğuk yıldızlar sıcak ve sönük yıldızlardan çok daha büyüktür. Evcimen bir örnek

vermek gerekirse, donuk donuk parlayan kocaman sıcak bir tabak, sarının en sıcak tonlarını yayan minik sıcak bir tabaktan daha fazla enerji yayar. Güneş'ten yüzlerce, hatta binlerce kat büyük olan soğuk ve parlak yıldızlar vardır ve yine Güneş'ten yüzlerce, hatta binlerce kat küçük olan sıcak ve sönük yıldızlar da vardır. Eddington bu yıldızların Güneş'le aynı şekilde enerji üretemeyeceğini ışıma fiziğinden biliyordu.

Hayvanat bahçesinin baştan sona gezilip tanınması on yıllar aldı. Güneş'e benzemeyen egzotik cisimler –beyaz cüceler, kırmızı devler, süper devler, novalar, süpernovalar ve iki düzineden fazla türde olan değişken yıldızlar– gelişigüzel bir ilgiden fazlasını hak ediyor. Bunlar bizim hikâyemizin, elementlerin oluşumu ve dağılımı hikâyesinin ana karakterleridir.

FELSEFE TAŞI

Kan kırmızısı taş, yatılı okuldaki öğrencilerin yoğun ilgisini çeken bir cisimdir. Çok bulunan metalleri altına dönüştürmek ve ebedi hayatın sırrını taşımakla ünlüdür. Okul müdürü bu taşı okulun girilmesi yasak olan bir yerindeki özel bir odada saklamaktadır ve bu taş yedi tılsım ve yaratıkla korunmaktadır. Cesur ve genç bir büyücü kendi emelini gerçekleştirmek için insanlarda konaklayan tam anlamıyla kötü bir varlıktan bu taşı korumak için hayatını riske atar.

Okul müdürü Albus Dumbledore'dir. Kötü varlık ise Voldemort. Ve genç büyücü de elbette Harry Potter. Müthiş popüler olan serinin birinci kitabında Felsefe Taşı diye adlandırılan mistik bir cisim hikâyenin merkezine yerleştirilmiştir.[15]

Harry Potter kitapları kurgusal metinlerdir ama J. K. Rowling derin bir tarih ve kültür bilgisini kullanarak simyayı anlatıya yedirmiştir. Simya sıradan metalleri altına dönüştürme ve "hayat iksiri"ne ve belki de ölümsüzlüğe ulaşma amacını

taşıyan bir faaliyettir. Hem fiili bir zanaat hem de dünyanın bütün büyük kültürlerini ve 2500 yıllık tarihi kuşatan bir felsefi sistemler ağıdır. Hogwarts Cadılık ve Büyücülük Okulu'nda simya bölümünde Dumbledore'un yardımcısı olan Nicolas Flamel'in kişiliğinde tarih ve mitoloji birleşmiştir.

Nicolas Flamel aynı zamanda 1330'da Paris'te doğmuş gerçek bir simyacıydı. Kitapları kopyaladığı, "yaldızladığı" ve resimlendiği büyük bir katedralin gölgesinde kitapçılık yapıyordu. Bir gece rüyasına bir melek girdi ve ona çok özel olan harika bir kitap gösterdi. Garip bir biçimde aradan çok zaman geçmeden bir yabancı Flamel'e gelip parasızlıktan dolayı bir kitap sattı. Bu kitap Flamel'in rüyasında gördüğü kitabın aynısıydı. Flamel sonraki yirmi yılını kitabın tuhaf diyagramlarını ve sembollerini tercüme edip anlamaya çalışmakla geçirdi. Bunu başarmış olabilir, çünkü yarım kilo cıvayı önce gümüşe sonra da saf altına çevirdiğine dair söylentiler dolaştı. Bu arada zengin oldu ve zenginliğini hayır işlerinde kullandı. Flamel'in 88 yaşına kadar yaşadığı sanılmaktadır; bu on dördüncü yüzyıl için çok uzun bir ömürdür.

Bu noktada gerçekle kurgu bir kez daha birbirine karışıyor. Flamel'in kütüphanesi yüzlerce yıl boyunca nesilden nesle aktarıldı ve on yedinci yüzyılın başında Dubois adında birinin Kral XIII. Louis'nin önünde kurşun toplarını altına çevirmek için Flamel'in Felsefe Taşı'ndan kalan parçaları kullandığı söylenmektedir. Kralın hırslı başvekili Kardinal Richelieu, Flamel'in kitabında saklı gücü ele geçirmek için Dubois'yı hapse attırıp sonra da öldürttü ve onun bütün malvarlığına el koydu. Richelieu, Rueil'deki şatosunda özel bir simya laboratuvarı kurdu ama şifreyi çözemeden öldü. Ondan sonra kitabı bir daha gören olmadı.

Simya sadece kaçıklar ve mistiklerin ilgilendikleri bir alan değildir. XIII. Louis öldüğünde Isaac Newton doğdu. Newton öldüğünde onun vasiyetini korumak için Royal Society simya yazılarının "basılmaya uygun olmadığı" kararını aldı.[16] New-

ton, *Emerald Tablet* adlı eseri kendi tercüme etmişti. Hermetik geleneğe ait olan bu kitap ilk tözün ve onun dönüşümlerinin sırrını ifşa etme iddiasındadır. Newton simya deneylerini gece yapardı ve yaptıklarını sır gibi saklamaları için hizmetçilerine yemin ettirirdi. Newton'un yayımlanmamış yazıları Sotheby tarafından 1936'da müzayedeye çıkarıldığında ve onların üçte birinin simya hakkında olduğu anlaşıldığında hayret verici bir heyecan doğurdu. Aslında Newton ışık ve kütleçekiminden çok simya hakkında yazmıştı. Ekonomist John Maynard Keynes belgelerin çoğunu satın aldı ve onları okuduktan sonra şunu söyledi: "Newton sadece Akıl Çağı'nın öncüsü değil, aynı zamanda simyacıların sonuncusudur."

Modern görüş yavaş yavaş şekillendi. "Kimyanın babası" diye addedilen büyük Robert Doyle bile simyaya dayanan kuramsal bir çatıyı kullanmıştı. Sonra Antoine Lavoisier, maddenin şekil ve form değiştirebileceğini ama kütlesinin hep aynı kaldığını gösterdi. Keza John Dalton maddenin farklı oranlarda yeniden düzenlenebilen atomlardan oluştuğunu kanıtladı. 1800'e gelindiğinde eldeki bütün kanıtlar atomların değişmez olduğunu ortaya koyuyordu. Elementler inatla kimliklerini koruyordu; onları birbirine dönüştürmeye yönelik bütün çabalar boşa çıkıyordu. Simyanın düşü suya düşmüş görünüyordu. Ta ki bilimadamları her yıldızın içindeki Felsefe Taşı'nı bulana değin.

Yıldızlar söz konusu olduğunda gözümüze görünenden çok daha fazlasının işin içinde olduğu su götürmez bir gerçek. Bakışımızdan saklanan çekirdekleri maddi dünyanın bütün unsurlarını içeriyor. Şeklen basit ve küresel olan yıldızlar yeni elementler meydana getirme güçleri bakımından çeşitlilik arz ederler.

Elementlerin doğuş hikâyesi basit bir soruyla başlar: Evreni oluşturan nedir? Kendimizden başlayalım. Kütle bakımından bizler yaklaşık yüzde 60 oksijen, yüzde 18 karbon, yüzde 10 hidrojen, yüzde 3 nitrojen ve kalsiyum, fosfor gibi

diğer tüm elementlerden de eser miktarda barındırıyoruz. Kütlemizin çoğu su formundadır. Eğer yerden bir taşı alırsak onun kimyasal içeriğinin çok farklı olduğunu görürüz. Dünya'nın kabuğundaki en yaygın elementler oksijen, silikon, alüminyum, sodyum, hidrojen, demir, kalsiyum, potasyum ve magnezyumdur. Fakat jeolojik olarak aktif yeryüzünde kimyasal süreçler, elementlerin oranlarını değiştirmiştir, bu nedenle gezegen ve uyduları oluşturan maddenin doğru bir numunesi ilkel göktaşlarının muhtevasına bakılarak elde edilebilir. Buna Güneş Sistemi'nin kütlesinin yüzde 99'una sahip olan Güneş'in atmosferinin kimyasal bir analizi eşlik eder. Evren büyük ölçüde "yıldız maddesi"nden oluşur, ve kozmik madde miktarı hakkında en iyi fikir, Samanyolu galaksisinin geniş bir bölgesinden alınacak ortalamayla elde edilebilir.

Evrendeki atomların oyun kartları gibi dağıldığını varsayalım. Bu kartlar normal desteler ve sayılar yerine periyodik tablonun elementleri olarak etiketlenir. Baskın elementler hidrojen ve helyumdur; diğer her element şaşırtıcı ölçüde enderdir. Atom sayısı bakımından evren yüzde 88 hidrojen, yüzde 12 helyum, yüzde 0,060 oksijen, yüzde 0,026 karbon, yüzde 0,025 neon ve 10.000'de 1'den daha az oranda da diğer tüm elementlerden oluşur. Oyun kartları benzetmesine dönecek olursak, bütün asları ve iki papazı helyum atomu, geri kalanı da hidrojen sayabiliriz. Bu iki elementin dışındakileri bulmak için 32 desteyi yoklamamız gerekir. 240 desteye veya 12.500 karta bakabilecek sabrımız varsa bir nitrojen kartı, üç neon kartı, üç karbon kartı ve beş oksijen kartı bulabiliriz. Geri kalanların hepsi ya hidrojendir ya da helyum. Tek bir demir kartı bulmak için, 190.000 karta veya 3600 desteye bakmanız gerekir. Altın, gümüş ve platin gibi değerli metaller oldukça nadirdir ve evrende 10 milyar atomda 1 oranında bulunurlar, bu yüzden altının şimdiki değeri yüksektir. Kocaman bir Walmart mağazasını düşünün; içindeki ürünler boşaltılmış

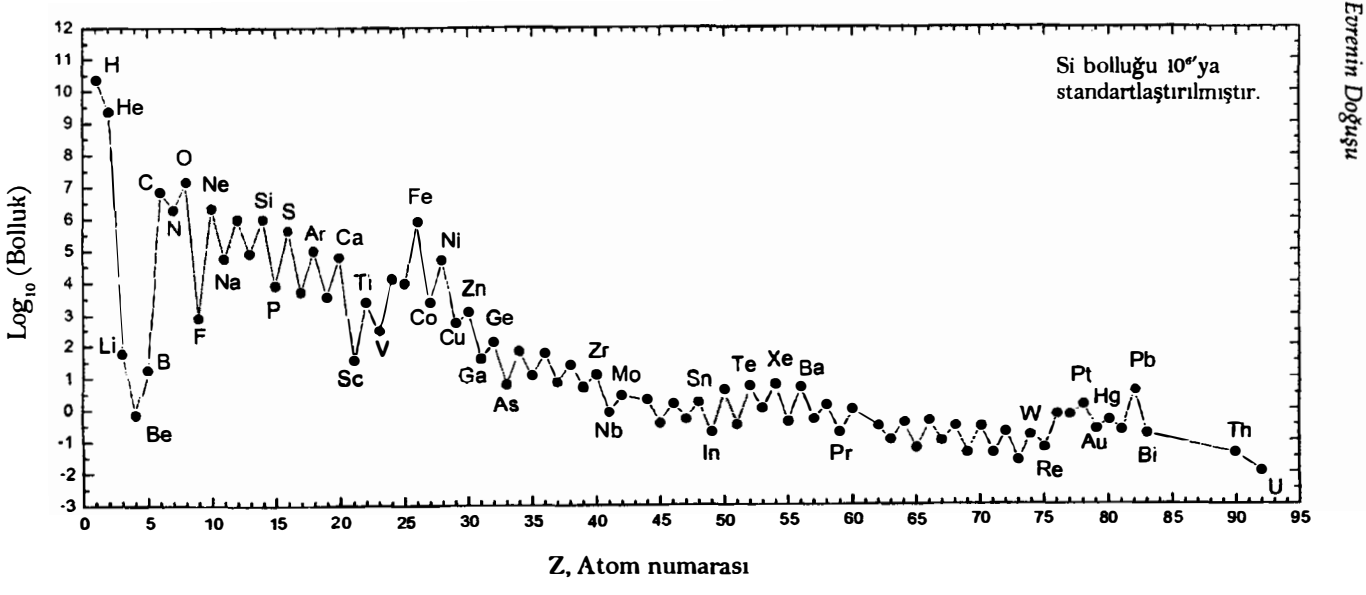
ve yerden tavana kadar oyun kartlarıyla doldurulmuş olsun. Eğer bu kartların hepsine bakmayı göze alırsanız bir altın atomu bulabilirsiniz.

Elementlerin evrendeki oranlarını gösteren grafik bazı çarpıcı özellikler sergiliyor (Şekil 4.4). Güneş Sistemi hidrojene kıyasla çok miktarda helyuma sahiptir. Helyum Güneş gibi ana sekans yıldızlarda üretilir ama yıldız füzyonuyla açıklanacak çok şey var; bu meseleye daha sonra döneceğiz.[17] Berilyumun yanında ani keskin bir düşüş, hayat için elzem elementlerde (karbon, nitrojen ve oksijen) ikinci bir zirve, demirde üçüncü bir zirve, sonra demirden daha ağır atomların katlanarak artan enderliği ve nihayet tüm grafiğe yayılan testere dişi gibi bir şekil görüyoruz.[18] Bütün bu hususlar, yıldız füzyonunun ve evriminin derinlemesine anlaşılması sayesinde yirminci yüzyılın ortasında açıklığa kavuştu.

Biyolojik canlılar olarak bizler karbona bağlıyız. Bazı ezoterik nükleer fizikçiler karbonun şimdi olduğu gibi neden az bulunduğunu ve neden hayata olanak tanımayacak kadar da az olmadığını açıklıyorlar. İki helyum çekirdeği birleşerek bir berilyum çekirdeği oluşturur, ama bu, saniyenin yüz trilyonda biri kadar bir yarı ömre sahip bir radyoaktif elementtir. İki çekirdeği birbirinden ayrılmalarına fırsat vermeden birleştirmek için bir yıldızın merkezinde 100 milyon derecelik bir sıcaklığın olması gerekir. Ancak Güneş'ten daha büyük yıldızlar bu yükseklikte ısıya ulaşabilirler.

1950'lerde astrofizikçi Fred Hoyle özel bir nükleer rezonansın üçüncü helyum çekirdeğinin berilyumla birleşerek karbonu oluşturma ihtimalini büyük ölçüde artırdığını fark etti.[19] Karbonun var olması aslında nükleer fiziğin bir rastlantısıdır.

Daha ağır elementler elde etmek için daha yüksek sıcaklıklara ve daha büyük yıldızlara ihtiyaç vardır ve bunların da ender olması kozmik oranlar grafiğinin neden hızla düşüşe geçtiğini açıklamaktadır. Füzyon giderek zorlaşır, çünkü dü-



Şekil 4.4. Elementlerin Güneş Sistemi'ndeki oranlarının ölçümü. Dikey eksen logaritmik ölçektedir. Görüldüğü gibi ağır elementler hafiflere kıyasla son derece enderdir. Diyagramın bütün özellikleri çok hafif elementler için büyük patlamaya, diğer bütün elementler içinse yıldız nükleosentezine başvurularak açıklanmıştır. Dikey ölçek keyfidir ve silikona göre standartlaştırılmıştır.

zenli olarak büyüyen atom çekirdeğinde bulunan protonlar arasında giderek artan elektrik itmesini aşması gerekir. En bol bulunan yapıtaşları hidrojen ve helyumdur ve helyumun atom numarası 2 olduğundan oran grafiği testere dişleri formunu alır. En büyük yıldızlarda karbon helyumla birleşerek oksijeni oluşturur. Ama sonra yıldız nefes alıp vermeye devam eder ve oksijeni helyumla birleştirerek neon elde eder. Ve yine bu noktada da durmaz, neonu helyumla birleştirerek magnezyum üretir. Daha büyük elementler de birleşebilirler. Karbon oksijenle birleşip silikonu oluştururken, iki oksijen birleşerek sülfürü oluşturur ve iki silikonun birleşmesinden de demir açığa çıkar.[20]

Bu durum görünmez ölçüde küçük ve bir milyar derecelik ısıdaki bir odada ışık hızıyla hareket eden legolarla oynamaya benziyor.

Büyük bir yıldız için bu sürecin gözyaşlarıyla bitmesi gerek. Giderek daha az zaman alan ardıl evrelerle simyanın çılgınlığı burada devreye girer; karbon füzyonu yaklaşık bin yıl sürer, oksijen füzyonu bir yıl ve son evre olan silikon füzyonu sadece bir gün sürer. Yıldız sonunda "soğan" yapısına sahip olur. Bu yapı içinde saf hidrojen ve helyum dış tabakada iken giderek artan ağırlıktaki elementler iç tabakada, demir çekirdeğin etrafından kümelenmiş halde yer alır. Çekirdek maddenin garip bir halidir; çekirdekteki demir katı demirden yüzlerce kat daha yoğundur, yine de 3 milyar dereceye sahip bir gazdır. Demir bir darboğazdır, çünkü daha ağır elementlere doğru füzyonun ilerlemesiyle enerjinin açığa çıkması artık söz konusu değildir.[21] Yıldızı şişirecek enerji kalmayınca yıldız çöker.

Periyodik tabloda demirin ötesindeki bütün ağır elementleri büyük yıldızlar oluşturur. Bu atomların yarısı kadarı yıldızların atmosferinde nötronlar çekirdek tarafından kapılarak gizlice oluşturulur. Bu süreç ancak en ağır kararlı element olan bizmuta kadar devam eder. Atomların diğer yarısı

ise yıldızın ölüm krizi sırasında yaratılır. Çöküşü süpernova denilen bir patlama takip eder ve radyoaktif uranyum ve plütonyum gibi masif elementler milyar derecelik ısıya sahip patlama dalgası içinde saniyeleri bulan bir sürede oluşabilir. Bu ağır elementlere altın da dâhildir.

Kurşunun altına dönüşmesi mümkündür. 1972'de Rusya'da bulunan Baykal Gölü yakınlarındaki bir nükleer araştırma tesisindeki fizikçiler deneysel bir reaktörün kalkan maddesi olan kurşunun bir miktarının altına dönüştüğünü gözlemlediler ve 1980'de Amerikalı kimyacı Glenn Seaborg birkaç bin kurşun atomunu altına dönüştürmek için bir reaktörü kullandı. Zenginliğin kestirme yolu yoktur; yıldızlara bel bağlamak çok daha kolaydır. Krezüs'ün zulasından bugün Fort Knox'taki kasada saklanan toplam 4600 ton ağırlığındaki külçelere kadar tüm altın birikimleri milyarlarca yıllık yıldız nükleosentezi sayesinde gerçekleşmiştir.

Yıldızlar büyük bir geridönüşüm programı yürütürler. Eğer yıldızlar elementleri oluşturmuş ve daima onlara bağlı kalmış olsalardı evren sönük bir yer olurdu. Neyse ki, bütün büyük yıldızlar kütlelerinin önemli bir kısmını orada yeni kuşak gezegenlerin ve yıldızların arasına karışabileceği yıldızlararası ortama iade eder. Pek çok atom farklı yıldız cesetlerinde –beyaz cüceler, nötron yıldızları ve kara deliklerde– dolaşımdan kaldırılır. Bunların çoğu yeni bir hikâyede rol olmak üzere uzaya geri gönderilir.

Ana rahmine düştüğünüz an özel bir andır. Döllenmiş minik bir yumurtadan bir insan gelişir ve kendi varlığını sürdürürken beyninde bütün bir evreni de taşır. Atomlara inildikçe iş girift bir hal alır. Siz kozmik tarih içinde sayısız permütasyon geçirmiş ve gelecekte de bir o kadar geçirecek atomların belirli bir örüntüsünü temsil edersiniz. Hepimiz yıldızların merkezinde oluşmuş ve nesilden nesle aktarılmış atomlardan mürekkebiz. Atomların değişik maceraları onları Dünya'nın oluşacağı bir uzay bölgesinde bir araya getirir ve bizler rü-

yalarımızla atomlara can veririz. Yıldızları ziyaret etmemiz gerekmiyor, yıldızlar bizi ziyaret etmiştir zaten.

Salsa sosu yüzünden bunu yaşamış olmalıyım.

Bir gece soğuk terler içinde uyanıverdim. O gün elementlerin kozmik oranları hakkında sınıfta ders vermiştim ve ardından birkaç arkadaşımla birlikte Meksika yemekleri yemeye gitmiştik. Her zamanki gibi öğrencilerime, vücutlarındaki her bir atomun bir zamanlar farklı bir yıldızın bir parçası olduğunu, bu atomların hikâyesinin Dünya'nın oluşumundan çok öncesine dayandığını anlatmıştım. Otomatiğe bağlamış olmalıyım, zira verdiğim bilgiler öylesine bilindikti ki üzerinde iyice düşünmeden fantastik bir hikâye anlattım öğrencilere.

Yatakta dönüp durarak bilinç katına yükseldiğimde atomları görüyordum rüyamda. Hiç kıpırdamadan uzandım ve yarı aralık bir gözümle tek bir kirpiği bulanık şekilde gördüm. Kirpiğin ucu dikkatimi çekti ve o anda ben atomların arasında acayip küçülmüş bir adam oldum.

Keratin saçımızın ve derimizin ana yapısal öğesi olan bir proteindir. Atomlarının yarısı karbondur. Bana en yakın olan karbon atomu 6 milyar yıl önce Güneş benzeri bir yıldızda oluşmuş, yıldızlararası uzayda durgunlaştığı bir duman halkası içinde uçurulup Dünya'nın oluşumuna katılmıştı. Onun yanındaki atomun fırtınalı bir hikâyesi vardı; yarım düzine yıldızın içinden çalkalanarak geçip gezegene karıştı ve bir gün benim parçam olacak yiyeceği oluşturdu. Bir hidrojen atomu vardı. 13,7 milyar yıl önce evrenin oluşumundan beri hiç değişmeden günümüze gelmişti. Şu sülfür ise masif bir yıldızda şekillendirilip 5 milyar yıl önceki muazzam bir patlamayla bana teslim edilmişti.

Vesaire vesaire. Tek bir kirpikte bir trilyon hikâye var, bütün bedenimdeyse bir milyar çarpı milyar çarpı milyar kadar hikâye. Bir defasında Walt Whitman'ın söylediği gibi: "Ben büyüğüm, çokluğu barındırırım." Başım döndü ve tekrar uykuya daldım.

* * *

Önümde uzanan dört kenarlı şekil bütün görüş alanımı kaplıyor. Onu oluşturan dört parlak yıldız bir elin tersindeki damarlar gibi uzanan filiz ve liflerden oluşan seyrek bir ağın üstünde asılı duran pürüzsüz pembe bir gazın içine gömülmüş. Yıldızlarının üçünün ikili sistem içinde olduğunu ve en parlak olanının –Theta Orinis– yoğun morötesi ışımayla sıcak mavi bir gaz kabarcığı çıkardığını görebiliyorum. Yıldızlar sürekli kayıyorlar. Ben de hareket ettiğim için perspektifimin değiştiğini fark ediyorum. Sonra tozlu bulut tabakalarının arasından geçiyorum ve bebek bir yıldız mermi izine benzeyen şekilde iyonlaşmış bir gaz baloncuğunun içinden vınlayarak geçiyor. Durmadan uzay kanyonlarının arasından ilerliyorum.

Varacağım yer karanlık bir gaz kümesi gibi görünüyor. Onun içinde bir şey kömür közü gibi donuk kırmızı renkte parlıyor. Yeni doğmuş ve hâlâ tozdan plasentaya sarılı olan bir yıldızın üzerine çöküyorum, kütleçekiminden dolayı. O ana kadar vakum gibi görünen şey ince kuru bir sis halini alıyor. Tatlı ve ekşi kokular alıyorum: benzen ve amonyak. Belki de benim aşırı faal hayal gücüm yüzündendir, bilmiyorum, ama bu yıldızlararası uzayın potasyum siyanür içerdiğini hatırlıyorum. Sanırım burnuma gelen bu koku acı badem kokusu.

Geri dönüp kat ettiğim yola bakınca süt beyaz yıldızları görüyorum. Nebula kozasının içindeyim an itibarıyla. Ve toz uzaktaki yıldızları örtüyor. Biraz zorlanarak Güneş Sistemi'nin ve evimi barındıran gösterişsiz sarı yıldızın yerini buluyorum.

Yeni körüklenmiş bir cehennemin içine apansız düşüyorum. Beni nispeten daha aşina olduğum uzaya bağlayan görünmez ip boyunca geriye yönelmeye çalışıyorum. Dünya'ya doğru düşüyorum. Ama şehrim olması gereken yerde değil ve manzara bana bakir ve alışılmadık gibi görünüyor. Bir okyanus boyunca hızla ilerleyip tanıdık bir şey görmeyi umuyorum. İnsanların hepsi kaba kıyafetler içinde ayakta duruyor. Ağaçlarla dolu bir karanın üzerinde askerler küçük bölükler halinde ilerliyorlar. Harabeler içinde büyük bir şehir görüyorum. Dumanın çizdiği kavisler gökyüzüne yükseliyor.

Roma'nın yıkılışı. Koca bir imparatorluğun sonu ve Karanlık Çağ'ın başlangıcı. Burası yaklaşık 1600 yıl önceki haliyle Dünya. Benim zamanım değil. Ben yokum. Ama bu nasıl mümkün olabiliyor? Şayet ben Orion'daysam, Dünya'yı 1600 yıl önceki önceki haliyle görmüş olmalıyım. Fakat ben Orion'da olamam. Evde olmalıyım. Ama hangi zamana ait evde? Şimdi zaman kavramını tamamen kaybettim.

5

KARANLIĞIN KIYISI

Işıl ışıl bir şehrin içindeyim. Siyah kadifenin üzerine asılmış elmaslar gibi parıldıyor ışıklar. Çocukluğumda geceleyin gördüğüm uysal gökyüzüne hiç benzemiyor bu; aksine serkeş bir güç ve değişim gösterisi sergileniyor. Kitap okuyabileceğim kadar aydınlık ortalık. Sanki uzun bir zaman önce Sagittarius'a doğru yola çıkmışım. Galaksinin dış çeperlerine yakın sakin bir bölgeden yola çıkıp yıldız kümelerinin içinden hızla geçtim ve üç spiral kolun kaosundan çıktım. Sonra galaksi diskinin içine dalan yörüngelerde yol alan eski yıldızların arasına girdim. Işık gösterine aval aval bakarken kendimi büyük şehirdeki bir taşra çocuğu gibi hissediyorum.

Önümde 400 milyar yıldızın kütleçekimsel dış merkezi var. Arkamda ve uzağımdaysa Güneş sadık bir takipçi, nöbet tutan gözcü gibi galaksi merkezinin çeyrek milyar yıllık yörüngesinde komşularıyla birlikte kortej halinde yol alıyor. Yakınımdaki yıldızlar görünmeyen kuvvetlerin etkisiyle daha hızlı hareket ediyorlar şimdi. Önümdeki yoğun yıldız kümesi öylesine parlak ki kamaşan gözlerimi başka yöne çevirmek zorunda kalıyorum. Bununla beraber karanlık ve cansız bir şeyin varlığını da seziyorum.

Yıldızların keşmekeşinin arasından Güneş'i görmek zor ama onu nerede bulacağımı biliyorum: sıcak sarı bir ışık damlası. Ve yakınlarda Sönük Mavi Nokta var. Yüzerek görüş alanıma giriyor, ıssız ve yabani. Uygarlığın izlerini arıyorum ama hiçbir şey bulamıyorum.

Sonra engin manzara içinde küçük çaplı birkaç göçebe grubunu zar zor seçebiliyorum. Bu tüysüz maymunları diğer hayvan sürülerinden ayırt etmek zor ama belirgin bir amaçla durmadan ilerliyorlar. Işığın gözlerime ulaşması 27.000 yıl aldı. Alfa türü olarak daha yeni yeni kaslarımızı esnetmeye başladığımız zamanki haliyle Dünya'yı görüyorum. Afrika'dan çıkıp Avrupa ve Asya'ya yayılmışız. Neandertalleri uğurlamışız ama henüz Amerika'ya ulaşan kara köprüsünü geçmemişiz. Birbirimizden güç alarak yeryüzünü kaygısızca arşınlıyoruz. Bu canlı türü için özlemle doluyum; öylesine genç, taze ve sonu gelmeyen umutlarla dolu ki!

IŞIK KENTİ

Sıcak tutan pantolonumu ve kürklü paltomu giyince üzerime mahmurluk çöktü. Şili'ye giderken yolda çektiğiniz uyku düzensizliği çok fena. Güzergâh Los Angeles'tan başlayıp Miami'ye uzanıyor, oradan da And Dağları'nın sırtına uzun bir gece uçuşu. La Serena'ya bir saatlik kısa bir uçuş için havaalanına gitmeden önce Santiago'daki konuk evinde dinlenmek için yeterli zamanım var. Sonra güneydeki Atacama Çölü'nün Ay'ı hatırlatan kıraç arazisindeki tozlu yollarda direksiyon sallayıp Las Campanas Gözlemevi'ne varıyorum. Odamı kolaçan ettikten sonra arada bir uyanarak birkaç saatlik uyku çekiyorum ve teleskopu görmeye hazırlanıyorum. Yarın benim ilk gecem, bu nedenle işlerin nasıl yürüdüğünü görmek ve buna kendimi iyi hazırlamak istiyorum.

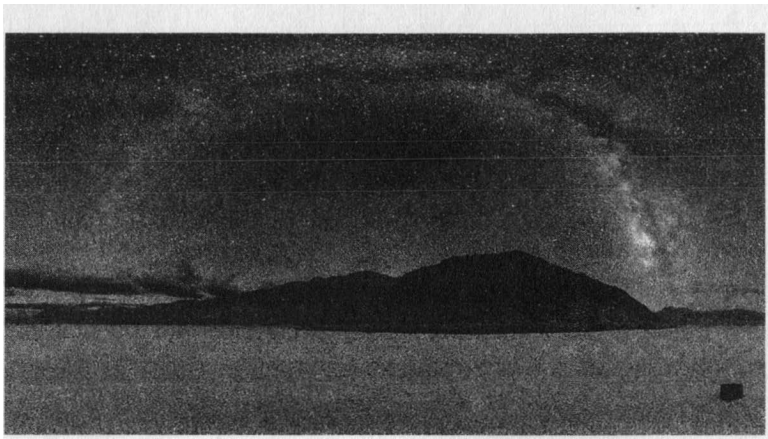
Kaldığım yer çölü yukarıdan gören yüksekçe bir arazinin üzerine konuşlanmış teleskopun bulunduğu bayırın aşağısında. Kapıyı açıyorum. Gecenin soğuk havası soluk soluğa bırakıyor beni. Huzur veren sıcak Los Angeles'ı kış ortasındaki yüksek And Dağları için terk ettim. Eldivenlerimi giyiyorum, paltomun yakasını kaldırıyorum ve ihtiyatlı bir halde yürümeye başlıyorum. Çölün yer yer makiyle örtülü toprağında

uzanan yılanlarla dolu bir yolda ilerliyorum. Ortalıkta hiç ışık yok. Büyük gözlemevlerinde ışığa düşman gözüyle bakılır.

Solumda sıradağların yamaçları sönük gri renkte bir deniz tabakasının altında kaybolana değin buruşuk bir battaniye gibi aşağıya uzanıyor. Sağımdaysa Cordillera var. Karanlığa tam olarak alışmak 20 dakikayı alıyor. Yürürken And Dağları'nın pürüzlü silüetini şekillendiren parlak bir kuşağın içinde giderek daha fazla yıldız görüyorum.[1] Soluklanmak için bir dakika duruyorum. 8000 fitte hava deniz seviyesindekinden çarpıcı ölçüde daha ince. Ortalık sütliman ve inanılmaz sessiz. Yere baktığımda eldivenli ellerimin yola düşen gölgesini görüyorum. Başımı havaya kaldırıyorum.

Buz kestim. Tepemden dosdoğru Samanyolu geçiyor. Gecenin kubbesi ışıl ışıl (Şekil 5.1). Tepemde galaksinin yayları bir ufuktan diğerine uzanıyor. Işığın buruşuk örtüsü kömür siyahı bir zeminde uzayıp gidiyor. Altair'e uzanan kuğu kuyruğunu, sonra kartal kafasındaki parlak yıldızları, yaz üçgeninin tepe noktasını ve nihayet Yay Takımyıldızı'nı seyrediyorum. Bu sonuncusunun gergin yayı engin yıldızlar kümesine bir ok atacakmış gibi duruyor. Yerçekimi kuvveti biraz hafiflese galaksinin merkezine doğru baş aşağı asılırmışım gibi hissediyorum.

Bir ışık kentinde yaşıyoruz. Bu kentin büyüklüğünü kavramak için bir ölçekli modele ihtiyacımız var. Bu modele iki adımda ulaşabiliriz. Birinci adımda, nesneleri ve uzayı 10 milyon kat küçülteceğiz. O zaman Dünya bir kayısı, Ay da bezelye kadar olur. Bu konforlu düzenleme insanın yolculuğuna gayet uygundur. Bu ölçekte Güneş 100 metre ötedeki 3 metre çapında bir küre olurken en yakın yıldız 30.000 mil ötede konumlanır. Ölçekli modelimizde çoğu yıldız yine hayal edilemeyecek kadar uzakta kaldığı için ölçeği bir kez daha küçültmemiz gerekir. Bu sefer 100 milyon kat. Şimdi yıldızlar atom büyüklüğünde olurken, Güneş Sistemi de küçük bir kum tanesi büyüklüğünde bir alana sığacak kadar ufalır. Yıldızlar arası standart mesafe 9 metre olur ve Samanyolu, Ame-



Şekil 5.1. Işık Kent. A.U.S. Park görevlisi içinde yaşadığımız galaksinin bu göz alıcı manzarasının fotoğrafını 2005'te Ölüm Vadisi'ndeki Racetrack Playa'da çekti. Pek çok insan bu manzarayı hiç görmeyecek. Tam 360 derecelik panorama galaksi düzlemini şekillendiren Samanyolu'nu yapay olarak kavislendirmektedir. Buruşuk karanlık hatlar yıldızların yokluğundan değil de karartma etkisi yapan tozdan kaynaklanmaktadır.

rika kıtası büyüklüğünde olur. Bu ışık kent milyarlarca yıldız barındırır. Bu harita üzerindeki açıklayıcı yazıda $1:10^{15}$ veya 1 inç = 1 ışık ayı yazar. Muhtemelen şu bilgi de eklenir; cisimler göründüklerinden daha uzakta olduğundan, Samanyolu'nda seyahat etmeden önce tedarikinizi iyi yapın.

Bu modern ölçek sistemine kolay ulaşılmadı. Çoğu kadim Yunanlıya göre Samanyolu'nun kaotik görünümü, onların atmosferik bir fenomen olduğunu zannettikleri kristal kürelerin Pisagorcu mükemmelliğinden çok uzaktı. Öte yandan pek çok açıdan cesur düşünürler olan Anaksagoras ve Demokritos Samanyolu'nun uzak yıldızlardan oluşuyor olabileceğini düşünüyorlardı. Çeşitli Arap astronomlar da ortaçağda aynı düşüncedeydi[2] ama bu, Galileo 1610'da teleskopla gözlemlerini yapana değin kanıtlanamadı.

Samanyolu'nu haritalandırmak uzun zaman aldı. Ovada yaşayan avcı-toplayıcı bir kabile düşünün. Ovayı kolaçan edip daha uzak diyarları görmek için tepelere çıkabilirler ama üzerinde yaşadıkları kıtaya dair bir fikir edinme şansları yoktur. Onların hayal gücünün ötesindedir bu. On sekizinci yüzyılın sonlarında müzisyenlikten astronomluğa kayan Sir William Herschel, teleskopunu gece gökyüzüne çevirip farklı yönlerdeki yıldızları saydı ve Dünya'nın dönüşünden faydalanarak gökyüzünün kuşaklarını taradı. Disk şeklinde dağılmış yıldızlar arasında yaşadığımız yönündeki çıkarsaması doğruydu ama bu diskin merkezinde olduğumuzu söylerken yanılıyordu. Yeterince derinlere bakmamıştı. 1000 ışık yılına kadar uzanan disk her yönde aşağı yukarı benzer yapıdaydı. Ayrıca galaksinin merkezine bakış, yıldızlar arasındaki uzayda ve yıldız oluşum bölgelerindeki emici toz tarafından engelleniyordu.

1917'de Wilson Dağı Gözlemevi'nde çalışan genç astronom Harlow Shapley meseleyi çözdü. Shapley galaksi düzleminin üstünde ve altındaki uzayda hareket eden ve küresel kümeler diye adlandırılan büyük yıldız kümelerine olan uzaklıkları hesapladı. Yörüngelerin Güneş'ten uzak bir noktada kümelenip bizi galaksinin merkezinden uzaklaştırdığını gösterdi. Ne var ki yıldızlar sisteminin tamamının büyüklüğünü yanlış hesaplamıştı.[3]

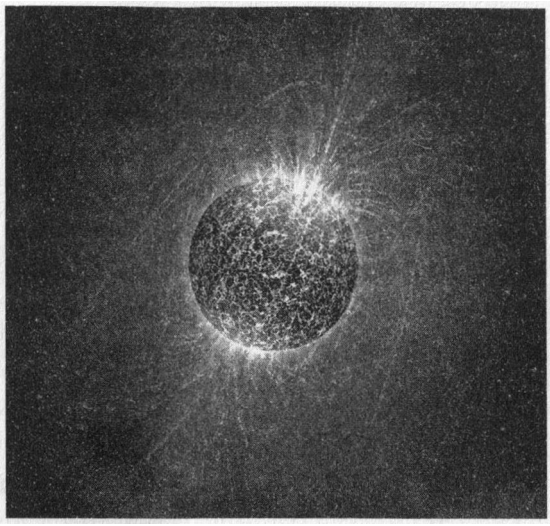
Samanyolu'nun ayrıntılı yapısı ve gerçek büyüklüğü radyoastronominin 1950'lerde gelişmesine kadar açıklığa kavuşturulamadı. Soğuk hidrojen gazı 21 santimetrelik dalga boyunda özel bir spektral çizgiye sahiptir (radyonuzdaki tıslamayı duymak için 1421 MHz'e bakınız). Radyo dalgaları tozdan etkilenmediği için, 21 santimetrelik çizgi Smanyolu'nun uzak yerlerini gözlemlemek ve bütün bir diskin dönüşünü haritalandırmak için kullanıldı. İlk defa Harvard fizikçisi Ed Purcell ve öğrencisi Harold Ewen söz konusu çizgiyi 1951'de saptadılar. Akşamları ve hafta sonları çalışan Ewen labora-

tuvarının penceresinden dışarıya çevirdiği huni biçimli bir anten ve bir radyo dedektörü inşa etti. Bazı tehlikeler de yok değildi. Sağanak yağmurda huni suyu içeri akıttığı için laboratuvarı su basıyordu ve kış mevsiminde Harvard öğrencileri içeriye kartopu atıyordu. 18 yıl önce, Bell Laboratuvarları mühendisi Karl Jansky'nin Sagittarius Takımyıldızı'ndan yayılan radyo dalgalarının saptamasıyla birlikte radyoastronomi doğdu. Normal yıldızlar radyo dalgaları yaymadığı için bu bulgu galaksimizin merkezinde sıra dışı bir şeyin vuku bulduğunu işaret ediyordu.

KARA DELİKLER

Samanyolu başlangıçlar ve sonlar silsilesiyle doludur. Samanyolu'nda etrafımızda Orion Nebulası gibi yıldız yuvalarını ve masif yıldızlar söndüğünde meydana gelen muazzam patlamaların izlerini görebiliyoruz. Samanyolu'ndaki yüz milyarlarca yıldızın çoğu çok uzun ömürlüdür. Ne kadar süre önce oluşmuş olurlarsa olsunlar öylesine az kütleye sahiptirler ki milyarlarca yıl boyunca hidrojeni helyuma dönüştürerek varlıklarını sürdürürler. Öldükleri zaman da beyaz cüce diye adlandırılan yoğun bir hale çökerler ve tamamen sönene kadar kalan enerjilerini yavaş yavaş yayarlar. Güneş'ten daha ağır yıldızlarda başlangıç ve son birbirine bağlıdır. Bu yıldızlar ileride yeni nesil yıldızlar ve gezegenlerin bir parçası olacak ağır elementler meydana getirirler. Ölmekte olan bir yıldız bir gaz bulutundan yeni bir yıldızın oluşmasını tetikleyebilir.

Büyük yıldızların ölümü bilinen en egzotik cismin oluşumuna yol açabilir: kara delik. Bütün nükleer yakıtlar tükendiğinde yıldızın çekirdeği kütleçekimsel olarak serbest bir düşüşle çöker. Büyük bir yıldızın kütlesinin çoğu evrimi sırasında azar azar veya sonunda şiddetli bir süpernova patlamasıyla dışarı atılır. Kütle dışarı püskürtülmeden önce çekirdek



Şekil 5.2. Nötron yıldızları çöken çekirdeğin Güneş'in kütlesinin bir buçuk ila üç katı olduğu büyük yıldızların son halleridir. Elektriksel itim işlemediğinden yıldız 10^{57} atom numarasına sahip bir atom çekirdeği kadar yoğunlaşır. Yıldızın çapı 5 mil kadardır ve çevresi süper güçlü bir manyetik alanla kuşatılmıştır. Samanyolu'nda yaklaşık 300 milyon nötron yıldızı bulunmaktadır.

çöktüğünde ortaya kesif bir cisim çıkar. Güneş'in kütlesinin yaklaşık 8 katı büyüklükteki yıldızlar sonunda süpernova olurlar. Güneş'in kütlesinin 8 ila yaklaşık 25 katı büyüklüğündeki yıldızlarda ise çekirdeğin çökmesiyle nötron yıldızı denilen garip bir cisim oluşur (Şekil 5.2). Sıkıştırıcı kütleçekiminin etkisiyle protonlar ve elektronlar birleşerek nötronları oluşturur ve ölü yıldızın tümü bir atom çekirdeğinin yoğunluğuna sahip olur. Bütün insanların bir küp şekerin içine sıkıştırıldığını hayal edin. Nötron yıldızları fikri 1930'larda ileri sürüldü ve 1967'de pulsarların keşfiyle doğrulandı.[4]

Eğer çöken çekirdeğin kütlesi Güneş'in kütlesinin üç katından daha küçükse bir nötron yıldızı oluşturur. Eğer zikret-

tiğimizden daha büyükse o zaman büzülmeye devam ederek daha da yoğun bir hale geçer ve ondan hiçbir şey kaçamaz. En masif yıldızların ölümü, hakkında neredeyse hiçbir şey bilmediğimiz bir şeyin doğumuna işaret eder.

Gelin, göklerdeki en değerli mücevher için çekişen tanrılara kulak misafiri olalım.

Gökkubbede Güneş ve benzerlerinden daha büyük bir yıldız yok. Bu yıldızlar sıvı altındır. Konuşmacı güçlü ve kendinden emin sesiyle Apollo. Civardaki Zeus, evlat, sevinç nidan çok hoş, diyor. Kim ona karşı çıkabilir ki? Zeus çevresine ümitle bakınıyor. Ben, diye cevaplıyor Artemis. Apollo'nun ikizi sanki; o da aynı ölçüde kendinden emin ve dediğim dedik biri. Benim tercihim ise beyaz cüce; ay gibi donuk ışıyan ve gökyüzünde hakiki bir elmas gibi duran. Hiçbir değerli taş bol bulunmaz.

Sonra Ares konuşmaya başlıyor, sesi kaygı verici ölçüde gür. Yanılıyorsun. Savaşı kazanan taraf kana susamışlığı en uzun süren taraf oldu. Bana o savaşçılardan oluşan bir ordu verin, fethedemeyeceğim diyar kalmaz. Kırmızı cücelerin sayısı diğer bütün savaşçılardan fazladır. Asla pes etmezler. Size göre onlar gökyüzündeki sönük bir pırıltıdır ama bana göre kırmızı yakuttan bir tabakaya sahipler. Zeus en büyük oğlunu sabırla dinleyip onu onaylarcasına başını sallıyor.

Yakınlardaki Midas konuşulanları dinliyor. Araya giriyor. Hepiniz yanılıyorsunuz. En büyük yıldızlar ölürken altın üretirler. Tanrılar için bundan daha büyük bir hediye olamaz. Süpernova yıldızlar arası âlemin zirve noktasıdır. Zeus tam aksini düşünüyor. Hayır, böyle değil diyor. Bu hediye eften püften bir şey, hatta biraz da hakaret gibi. Altın uzaya gelişigüzel yayılıyor ve kaşımı parlatmaya yetecek kadarı bile ulaşmıyor bana. Tek bir su molekülüyle ıslaklık sağlamayacağımız gibi tek bir altın atomuyla da parlaklığı sağlayamayız. Eşek kulaklarınızı da yanınıza alıp dağılın, diyor Zeus hor gören bir tavırla.

Hades ayaklarını sürüyerek öne çıkıyor. Üç kafalı köpeği Kerberos da yanı başında hırlıyor. Ne istiyorsun Zeus, diye tersliyor onu. Burada sana tahammül gösteriyoruz. Hades sakince geri dönüp sert sert bakıyor. Köklerini unutuyorsun kardeşim. Sırf kör talihin yüzünden burada, Olimpos'tasın. Göremediğin şeye saygı da duymazsın, diyor. Fakat karanlık Dünya Güneş'in aydınlattığı Dünya'yı tamamen gölgede bırakıyor. Gökkubbedeki en parlak yıldızlar ölürken siyah bir miğfer giyen yıldızlardır. Kara delikler. Onlar gecenin siyah incileridir.

Kara delik tam olarak nedir? Kara delikten çeşitli şekillerde söz edilmektedir: uzay-zamanın çimdiklenmiş bölgeleri, maddenin bilinen en yoğun hali, enformasyon zarları, uzay ve zamanın anlamını yitirdiği yer, tüysüz cisim, uçurumun işareti ve nihayet komedyen ve oyuncu Stephen Wright'ın deyişiyle "Kara delik Tanrı'nın sıfıra bölünmesidir."

Öte yandan kara deliğin resmi tanımı şudur: Sonsuz geleceğin nedensel geçmişi içinde yer almayan bir uzay-zaman bölgesi. Nasıl yani? Bir genel görelilikçiye sorduğunuzda bu cevabı alırsınız, tabii tensör ve kolektör gibi zamanı tüketen zevklerden başlarınızı kaldırabilirseniz. Daha anlaşılır bir tanım ise ışığın bile kaçamayacağı ölçüde yoğun bir külte çekiminin olduğu bölgedir. Fakat bu tanım birkaç soruyu önümüze çıkarıyor. Bu bölgedeki maddendin hali nasıldır? Kara deliğe düşen maddeye ne olur? Işık sabit bir hızla ilerlediği halde nasıl olur da kütleçekimine yakalanır?

Bunlarla birlikte kara deliklere dair başka sorulara cevap bulmak için kütleçekimini ve özellikle genel görelilik kuramını anlamamız gerekiyor.[5] Şayet Newtoncu kütleçekimi bir saray dansı ise Einsteincı kütleçekimi de müthiş bir doğaçlama tangodur.

Newton'un görüşü şöyledir: Uzay ve zaman sınırsız, mutlak ve doğrusaldır. Nesneler uzayda hareket ederler ve zaman içinde davranış sergilerler ve bu ikisi birbirinden net bir

şekilde ayrılabilir. Kütle ve enerji de elbette birbirinden farklıdır, tıpkı taş ile suyun birbirinden farklı olması gibi. Kütle içkindir ve değişmez, ama bir şeyin enerjisi değişebilir. Kütleçekimi uzay boşluğunun üzerinde bir anda etkin olan bir kuvvettir. Kütle, kütleçekimine ne kadar kuvvet uygulayacağını söyler ve buna karşılık kuvvet de kütleye nasıl hareket edeceğini söyler.

Einstein'ın radikal revizyonu ise şöyledir: Uzay ve zaman birbirine bağlıdır ve uzay-zaman diye adlandırılan dört boyutlu bir yapının birbirinin yerine geçebilen parçalarıdır. Uzay-zaman sonlu veya sonsuz, doğrusal veya eğik olabilir. Asla mutlak değildir, çünkü özellikleri "yerel" kütleçekimine göre değişir. Kütle ve enerji de birbirinin yerine geçebilen şeylerdir ve $E = mc^2$ formülüyle birbirine bağlıdır. Kütleçekimi anlık olarak değil de ışık hızında hareket eden bir kuvvettir. *Kara delik* terimini bulan fizikçi John Wheeler'in sözleriyle, "Kütle-enerji, uzay-zamanın nasıl eğileceğini belirler; eğilen uzay-zaman da kütle-enerjinin nasıl hareket edeceğini belirler."[6]

1905'te Einstein özel görelilik kuramını öne sürdü. Bu kuram fizik yasalarının sabit ve göreli bir hareket sergileyen bütün gözlemciler için aynı olduğunu belirtir. Bu, ışık için de geçerlidir; zira göreli hareket ne olursa olsun ışığın sabit bir hıza sahip olduğu gözlemlenmektedir. Bu kuramla birlikte ortaya garip sonuçlar çıktı: Hızlı hareket eden cisimler hareket yönünde büzülürler veya sıkışırlar, kütleleri artar ve zamanları yavaşlar veya genleşir. Uzay-zamanın bu esnemesi o zamanki fizikçileri hayrete düşürdü. Şimdi bile bir miktar hayal kırıklığına uğramış gibidirler; adeta, aslında havalı ve heyecan verici bir şey olan fiziğin sıradan ve sıkıcı bir şey olarak kalmasını istermiş gibi bir halleri vardır. Einstein fikirlerinin sabit hızla gerçekleşmeyen veya ivmeli harekete de uyarlanıp uyarlanamayacağını merak ediyordu. Uyarlanabileceğinin ipucu eşdeğerlik ilkesiydi. Galileo düşen cisimlerin kütleleri

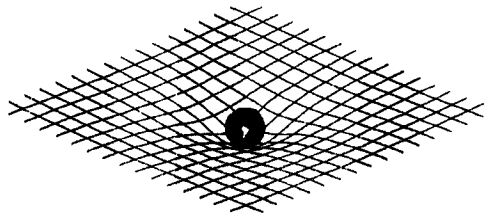
veya içerikleri ne olursa olsun aynı artan hızla düştüklerini tespit etmişti. Bu gerçekten garip bir bulguydu, çünkü bariz çok farklı iki kütlenin –bir cismin hareketindeki herhangi bir değişime direnciyle gündeme gelen kütlesi ile yine aynı cismin yerçekimi kuvvetinin etkisiyle hareket etmesiyle gündeme gelen kütlesinin– aslında aynı olduğunu gösteriyordu.

Hiç kimse birinin mezarını kazdığını düşünmekten zevk almaz. Fakat 1907'de Bern'deki patent ofisinde oturan Einstein yerçekiminin etkisiyle serbest düşen birinin, halatları kopmuş bir asansöre benzediğini ve kendi ağırlığını hissetmeyeceğini keşfetti. Daha sonra bunu "en mutlu an" diye adlandırdı.

Eşdeğerliği anlamak için kendinizi yıldızlardan uzakta derin uzayda yüzen bir asansörde hayal edin. Bu durumda sıfır yerçekimi olduğu için ağırlıksız olursunuz. Yani bu durum, düşen bir asansörde bulunmak gibi daha tehlikeli bir durumdan ayırt edilemez.[7] Bunun üzerine Einstein başka iki durumu hayal etti. Varsayalım ki bir roket tarafından 9,8 m/sn^2 ivmeyle hızlandırılan bir asansördesiniz. Bu durum, yeryüzünde duran bir asansörde oturmaktan farklı değildir. Bir senaryo yerçekimini içerirken, diğeri yerçekimini değil de ivmeyi içerir, buna rağmen ikisi eşdeğerdir. Einstein yerçekimi kuvvetiyle hareketin değişmesinde, herhangi başka bir kuvvetin etkisiyle hareketin değişmesinden farklı ve özel bir şeyin olmadığını bulguladı.

Bir fizikçi gibi düşünmek bütün fiziksel olgularda bir birlik görmeye çalışmak demektir. Kendi mekanizmasıyla "özel" bir kuvvet olarak "yerçekimi" zarif değildi; bütün kuvvetlere eşit muamele yapmak en doğrusu olacaktı.

Einstein'ın cesur hamlesi geometrik kuram olarak yerçekimini yeniden formüle etmekti. Newton'un mutlak ve doğrusal uzay ve zamanının aksine, genel görelilik kuramındaki uzay ve zaman değişken ve eğridir (Şekil 5.3). Einstein'ın "alan" denklemi uzay-zamanın eğriliğini enerjiyle, kütlenin



Şekil 5.3. Einstein'ın yerçekimi formülünün özünde eğilmiş uzay-zaman kavramı yatar. Newtoncu yerçekimi doğrusal uzayda etkindir, oysa genel görelilik kuramında kütle ve enerji uzay-zamanı eğer ve eğri uzay-zaman parçacıkların ve ışımanın eğri yörüngeler takip etmesine yol açar.

momentumuyla ve kütlenin içindeki enerjiyle ilişkilendirir. Genel görelilik kuramı Newton'un kuramından esaslı şekilde farklıdır ve köklü sonuçlar doğurur.

Gelin, asansörlere geri dönelim. Varsayalım ki asansörde bir el feneri yaktınız. Şayet bu, yerçekiminin etkisinde olmayan veya hareketi değişmeyen bir asansörse ışık demeti dosdoğru gider. Fakat şayet o, 9,8 m/ sn^2 ivmeyle hızlanan bir asansörse o zaman ışık eğri bir yol izler. Eşdeğerlik ilkesi uyarınca bu durum, yeryüzünde hareketsiz duran bir asansörün durumundan farklı değildir. Dolayısıyla bu durumda ışık demeti aşağı doğru eğilir. Yerçekimi ışığı eğer! Daha doğrusu, Dünya'nın kütlesi uzay-zamanı eğer ve ışık uzay-zaman eğrisini takip eder.[8]

Geometrik bir yerçekimi kuramını göz önüne alarak bizler cisimlerin, Dante'nin *İlahi Komedya*'sındaki cehenneme giriş levhası gibi işaretler taşıdığını düşünebiliriz: "Buraya girecek herkes bütün ümitlerini ardında bıraksın."

1783'te İngiliz jeolog John Michell Güneş'in, kaçış hızının ışık hızına ulaşacağı bir durum yaratılabilecek kadar küçültülebileceği varsayımını öne sürmüştü.[9] On yıl sonra Fransız matematikçi Pierre-Simon Laplace aynı şekilde "ka-

ranlık yıldızların" varlığı varsayımını ileri sürdü. Bu düşünceler bir asrı aşkın bir süre göz ardı edildi, çünkü ışığın kütlesiz olduğu ve dolayısıyla kütleçekiminden etkilenmediği sanılıyordu. Halbuki genel görelilik kuramının, ışığın kütle tarafından saptırıldığı yönündeki öngörüsüne kara delikler mantıken uyuyordu. Einstein'ın genel görelilik kuramını öne sürmesinden bir yıl sonra Karl Schwarzschild dönmeyen küresel bir cisim için denklemleri çözüp kara delik olacak kadar yoğun bir cismin büyüklüğünü hesapladı. Schwarzschild bu hesabı yaparken Birinci Dünya Savaşı sırasında Alman ordusunda çalışıyordu. Ne yazık ki bir deri hastalığına yakalanıp perişan hale düştü. Schwarzschild ölmeden henüz aylar önce Einstein öncü fikirlerini öne sürmüştü. 1939'da Robert Oppenheimer, Manhattan Projesi'nde çalışmaya başlamadan hemen önce beklenen adımı atıp –hayatlarına yaklaşık 25 Güneş kütlesi üstünde başlamış olan– 3 Güneş kütlesi üstündeki yıldızların çökerek madde ve ışımayı hapsedecek hale geldiği tahminini ortaya attı.

Bir kez oluştuğunda kara deliğin başlangıcı her şeyin sonu mudur? Kara delik kozmik bir elektrik süpürgesi gibi çevresindeki her şeyi yutar mı? Oppenheimer'in sözlerini başka bir bağlamda kullanacak olursak, şayet bir kara delik konuşacak olsaydı Hintli tanrı Şiva gibi şunu mu söylerdi: "Ben her şeyin sonunu getirecek felaket olacağım."

Hayır söylemezdi. Kara delikten uzak olan kütleçekimi uysaldır ve Newtoncu kütleçekiminden ayırt edilemez. Durum şöyledir: Genel görelilik Newton kuramının yerine geçen ama kütleçekimi zayıfken Newton kuramına yaklaşan bir kuramdır. Kütleçekimi güçlü olduğu zaman, genel görelilik kullanılmalıdır. Şayet kötü niyetli uzaylılar gelip Güneş'i 3 kilometre yarıçapına inecek kadar küçültseydi, Güneş kara deliğe dönüşürdü. Öte yandan Dünya bundan etkilenmeden yörüngesinde dolanmaya devam ederdi. (Ne var ki sekiz saniye sonra Güneş ışığının kaybolması feci sonuçlar doğurur-

du.) Hiç kimse kara delikler yüzünden ölümü dert etmemeli. Yine de dikkatli olmalıyız, zira kara delikler hiç alışılmadık bazı özelliklere sahipler.[10]

KAYIP UFUKLAR

Kara delik tamamen kuramsal bir yapı olduğu için onun doğada gerçekten var olup olmadığını ve şayet varsa kaç tane olabileceğini sormalıyız. Bir kara deliğin oluşmasının –tek olmasa da– en bariz yolu ölmekte olan büyük bir yıldızın çekirdeğinin kütleçekiminin etkisiyle çökmesidir. Büyük yıldızlar azdır ama galaksi öylesine büyüktür ki büyük yıldızların çoğu ölmüş ve ardında kara delik bırakmış olsa gerek.[11] Kaba bir tahminde bulunacak olursak, süpernova oranı 30 yılda 1 veya Samanyolu'nun 10 milyar yıllık hayatında yaklaşık 300 milyondur. Yıldızların kütle dağılımı en büyük yıldızların ender görülebildiği orantısız bir dağılımdır, bu nedenle kalan yıldızların çoğunun nötron yıldızı olduğunu tahmin edebiliriz. Galaksimizde 20 ila 30 milyon kara delik olmalı. Zor olan şey, kapkara bir nesneyi bulabilmektir.

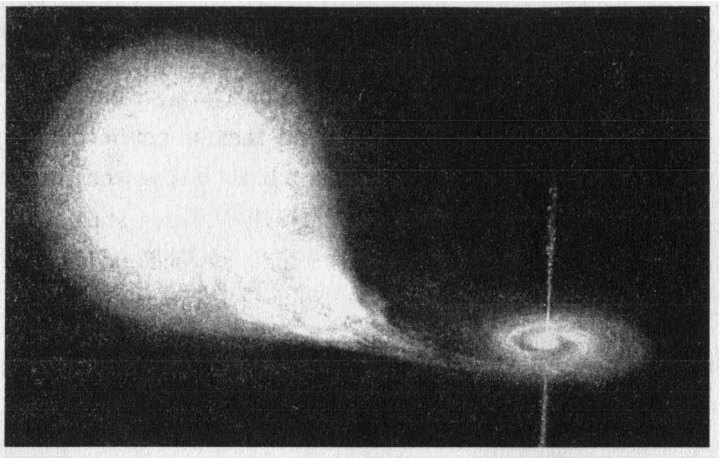
İzole bir kara delik görünmez. Fakat yıldızların çoğunun ikili sistemin parçası olması, bir kara deliği, görünür eşiyle etkileşimleri dolayısıyla saptama imkânını sunmaktadır. Bu durumda elde edilen kanıt dolaylıdır, çünkü biz kara deliği görmek yerine kara deliğe doğru düşerken sıkışan kütleyi görürüz. Astronomide sık rastlandığı gibi, beklenen kanıt şaşırtıcı bir yerden geldi.

1948'de araştırmacılar İkinci Dünya Savaşı'nda Almanların geliştirdiği bir roketle, X-ışınlarını saptamak üzere tasarlanmış bir cihazı atmosfere fırlattılar. X-ışınları yüksek enerjiye ve kısa dalga boyuna sahiptir ve uzaydan yeryüzüne ulaşamaz. Söz konusu cihaz Güneş'ten gelen X-ışınlarını saptadı ama onların görünür ışıktan bir milyon kat zayıf olduğunu gösterdi; görünüşe bakılırsa yıldızlar pek de iç açıcı olma-

yan X-ışını kaynaklarıydı. Ne var ki 1962'de benzer bir roket Akrep Takımyıldızı'ndan gelen X-ışınlarını saptadı. Sco X-1 adındaki kaynak Güneş'ten milyarlarca kat daha fazla X-ışını yayıyordu. X-ışını astronomisinin asıl doğuşu *Uhuru* uydusunun 1970'de uzaya fırlatılmasıyla başladı. Bu uydu yüzlerce kaynak buldu. Gökyüzü X-ışınlarıyla doluydu.

X-ışınlarının çoğu, normal bir yıldızın karanlık eşinin üzerine gaz boşalttığı ikili yıldız sistemlerinden gelir (Şekil 5.4). İki yıldız sıkı bir kütleçekimsel sarılmayla birbirlerine kilitlenir. Büyük yıldızın atmosferinden kopan gaz spiral çizerek karanlık yıldızın üzerine düşer ve orada bir sıcak plazma diski oluşturur. Ancak süper yoğun bir cisim çok miktarda gazı çekip ısıtacak kütleçekimine sahip olabilir ve çökerken de bol miktarda yüksek enerjili ışıma yayar. Bu ikili yıldız sistemleri kütleçekimi motorlardır ve onların sönmesi, dönen kara yıldızın kutup ekseni boyunca bir çift X-ışını püskürtmesine yol açar.[12] İkili yıldız sistemindeki görünür yıldız yörüngeyi izlemek ve parlak yıldızın ve onun karanlık eşinin kütlelerini tespit etmek için gözlemlenir. Sco X-1 dahil çoğu yoğun yıldız çiftlerinin nötron yıldızı olduğu ortaya çıkmıştır ama Cygnus Takımyıldızı'ndaki Cyg X-1 adındaki en parlak X-ışını kaynağı kara delik olmaya iyi bir adaydır çünkü onun saptanan kütlesi Güneş'in kütlesinin üç katından daha büyüktür. Bilinen 20 aday var ve bunların yarısının saptanan kütlesi savımızı ikna edici kılacak ölçüde büyüktür.[13] Hepsi de Dünya'dan birkaç bin ışık yılı ötededir.

Yorgun argın avımızın peşinden koşmayı sürdürüyoruz. Kara delikler büyük olasılıkla yıldız evriminin bir sonucudur ama izole halde duran karanlık ve yoğun bir cisim saptanamaz. Sonuçta en iyi kanıt, normal bir yıldızın kara delik olabilecek kadar masif bir karanlık eşinin olduğu ikili yıldız sistemlerini içeriyor. Karanlık eş, son derece sıcak bir gaz diskiyle ve yoğun kütleçekiminin yol açtığı parçacık hızlanmasıyla teşhis edilir. X-ışınları kara deliğin kendisinden değil de onun çevresinden gelir.



Şekil 5.4. Hiçbir ışıma olay ufkunun ötesine geçemediği için kara delikler karadır. Öte yandan ikili yıldız sistemindeki bir kara delik normal eşinden gaz emebilir. Gaz, dönen kara deliğin ekvator düzleminde bir disk oluşturur ve plazma kutuplar boyunca dışarı püskürtülür. X-ışını uyduları bu yüksek enerjili ışımayı saptar.

Kara delikler sıra dışı özelliklere sahip olabilir ama onların belirleyici niteliği olay ufkudur. Olay ufku fiziksel bir engel değildir. Bilgi ile cehalet arasındaki sınırdır olay ufku. Onu geriye dönülemez nokta olarak düşünebilirsiniz. Olay ufkunun berisindeki madde ve ışıma bize ulaşabilir; yanı başlarındaki uzay-zaman oldukça eğilmiş olsa da bunu yapabilirler. Ufkun ötesindeki bütün madde ve ışıma ise sonsuza dek oraya hapsolmuştur; onların kaderinin ne olacağını bilemeyiz. Schwarzschild bir kara deliğin büyüklüğünü, kaçış hızının ışığın hızına denk olduğu ve hiçbir şeyin kaçamadığı bu cismin yarıçapını hesaplamıştır. Güneş'in kütlesinden 10 kat büyük bir yıldız artığı için bu yarıçap 30 kilometredir. Tüm onca yoğun faaliyet ve uzay-zaman eğriliği küçük bir şehir büyüklüğündeki bir bölgede gerçekleşmektedir. Olay ufkuna olan uzaklık kütleyle ilintilidir ve prensipte herhangi bir kütleye veya büyüklüğe sahip bir kara delik elde etmek

mümkündür! Daha önce de belirttiğimiz gibi, şayet dünyadışı bir zekâ Güneş'i 3 kilometre yarıçapına sahip olacak şekilde küçültseydi o zaman Güneş kara delik olurdu. Keza Dünya'yı küçültüp ceviz kadar yapsaydı Dünya da kara delik olurdu. Bunun pek muhtemel olmadığını umalım.

Bir kara deliğin içine düşerseniz ne olur? Varsayalım ki güvenli bir mesafede dolanan bir uzay gemisindeki arkadaşlarınızı terk ettiniz ve küçük bir sondaya atlayıp gittiniz. Arkadaşlarınızın gözlemlediği gibi, siz olay ufkuna yaklaştıkça zaman sizin için yavaşlayacak ve görüntünüz giderek kızarıp sönükleşecek. Arkadaşlarınızın yeterince sabırlı olduğunu farz edersek, olay ufkuna ulaşmak için sonsuz zamanınızın olduğunu görecekler ve siz o ufka ulaştığınızda görünmeyecek kadar silikleşeceksiniz. Bu arada siz uzay sondanızın saatinde hiçbir garipliğe rastlamayacaksınız. Sınırlı bir zamanda olay ufkundan geçeceksiniz ama tam olarak ne zaman geçtiğinizi veya olay ufkunun nerede olduğunu söyleyemeyeceksiniz.

Aslında bu anlatı tamamen faraziyedir, çünkü bir uzay gemisiyle yaklaşılabilecek kadar yakın bir kara delik olsaydı bile o kara deliğin içindeki yolculukta hayatta kalamazdınız. Kara deliğin çevresindeki kütleçekimi öylesine güçlüdür ki onun içine balıklama daldığınızda önce muazzam gelgit kuvvetlerinin etkisinde kalır, boylamasına gerilir, yanlardan sıkıştırılırsınız. Spagetti gibi olursunuz. Bir pizza dilimi gibi koparılmaktan bile daha nahoş bir durumdur bu. Olay ufkuna yaklaştığınızda aniden çeşitli büyüklüklerde parçalara ayrılırsınız: eklemler, kas lifleri, hücreler, hatta DNA. Einstein inen asansörlerdeki insanlara dair bu muzır fikirleri geliştirirken kütleçekiminin yapacağı işkenceyi hesaba katmamıştı.

Kara deliğin ikinci asli özelliği tekilliktir. Kara deliğin merkezinde yoğunluk ve uzay-zaman eğriliğinin sonsuz olduğu bir bölge vardır. Fizikçiler tekilliklerin sonuçları konusunda rahatsızdırlar ama yıllarca yapılan hummalı çalışmalar

tekilliklerin kaçınılmaz olduğunu göstermiştir.[14] Genel görelilik sonsuz yoğunluk halini hesaplamak için kullanılamaz, bu nedenle söz konusu teorinin kendi sonunun tohumlarını içerdiğini söylenmiştir. Bildiğimiz uzay ve zaman tekillikte yok olur; bunu anlamlandırmak için kuantum kütleçekimine ihtiyaç vardır. Böyle bir teori yok ama olduğunu sorgusuz sualsiz kabul eden fizikçiler doğru yolda olduklarını düşünüyorlar.

Schwarzschild statik kara delik için bir çözüm geliştirdi ve kara deliklerin kendilerini doğuran yıldızlar gibi döndüğünü tahmin etti. Ondan yaklaşık 50 yıl sonra Roy Kerr dönen bir kara delik için çözüm buldu (bir asırlık çaba sonucunda alan denklemleri için sadece dört kesin çözümün bulunmuş olması genel göreliliğin zorluğunun bir işaretidir). Dönen kara delikler yepyeni bir gariplik katına yükselirler.

Çerçeve sürüklenmesi olgusu nedeniyle uzay, tıpkı küvetin giderinden akıp giden su gibi, dönen kara deliğin çevresinde girdap oluşturur. Işık hızının yüzde 99'u oranında hızlı bir dönüş gözlemlenmiştir. Dönen kara deliğin iki olay ufku olur ve kara delik ne kadar hızlı dönerse olay ufukları o kadar yakınlaşırlar.[15] İki olay ufku arasında uzay ve zaman birbirinin yerini alır. Dış olay ufkunun ötesinde ergosfer adında elips şeklinde bir bölge uzanır. Bu bölgedeki parçacıklar ve ışıma dönüşle birlikte sürüklenir ama kaçamazlar. Roger Penrose kara deliğin kütle enerjisinin üçte birini ergosferden çıkarmanın mümkün olabileceğini öne sürdüğü için belki bir gün bunun pratik uygulamasına şahit oluruz. İçteki olay ufkunda tekillik bulunur. Dönen bir kara delik için tekillik bir noktadan ziyade halkadır; bu, sonsuz kütleçekimi kuvvetlerinin halkasıdır. Ama bu tekillik dönmeyen nokta tekilliği kadar tehlikeli değildir, çünkü ondan kaçınmak mümkündür. Aslında ekvator hariç diğer bölgelerde bu tekillik çekmekten ziyade iter.

Dönen bir kara deliğin halka tekilliği iki tane sıradışı seçenek sunar: zaman yolculuğu ve kaçış. Teoride yolcu zaman

içinde keyfine göre ileriye veya geriye yolculuk ederek iç olay ufkunda herhangi birini ziyaret etmek için halkayı kullanabilir.[16] Oyuncuların her birinin farklı yaşlarınızdaki siz olduğu bir poker oyunu ayarlayabilirsiniz. Ne var ki henüz ölmemiş John Lennon'ı veya kara deliğe henüz girmemiş kendinizi ziyaret edemezsiniz; zira bu kişiler aşılamaz iki olay ufkunun berisinde bulunurlar. Teoride tekilliği aşarak kara deliği terk edebilirsiniz de ama o zaman "negatif uzay" niteliğine sahip bir yere çıkarsınız. Oranın başka bir evrene açılan kapı mı yoksa salt bir matematik soyutlama mı olduğunu kimse bilmiyor.

Kara delikler davetkârdır. Eğer birinin içine girebilseydiniz inanılmaz manzaralar görürdünüz. En barok haliyle kütleçekimine tanık olurdunuz. Ama asla yaşadıklarınızı anlatmak üzere geri dönemezdiniz, hatta dışarıya bilgi bile sızdıramazdınız. Uzaktaki gözlemciler olay ufku ötesinde ne olup bittiğinden habersiz kalırlar. Kara delikler sadece kütle, spin ve yüke (bu sonuncusu muhtemelen pratikte geçerli olmaz) sahiptir. Bu çok basit bir durum olduğu için kara deliklerin "saçsız" olduğu söylenmiştir. Burada saç, kara deliğin içinde ne olup bittiğine dair bilgi için kullanılan bir metafordur. Kara deliğin nasıl oluştuğu önemli değil; madde veya antimaddeyi tüketmiş olabilir ya da bilgiler veya çubuk şekerler ya da küçük kemirgenlerle beslenmiş olabilir; neticede dışarıdan bakıldığında sonuç aynıdır.

Bir kara deliğin "hafızasını kaybetmesi" ciddi bir problem doğurur. Entropi bir sistemin düzensizliğidir veya eşdeğer fiziksel hallerin sayısıdır. Termodinamiğin ikinci yasası entropinin yükselmesi gerektiğini söyler, ama bir kara deliğe düşen herhangi bir nesnenin entropisi kaybolmuş görünür. Jacob Beckenstein kara deliklerin aynı büyüklükteki herhangi bir cisimden daha fazla entropiye sahip olduğunu savunur. (Kara deliğin görünürdeki basit haline ulaşma yollarının çokluğu yüksek entropisinin bir işareti olarak görülebilir.)

Stephen Hawking entropisi olan bir cismin sıcaklığının da olacağını ve sıcaklığı varsa ışıma da yayması gerektiğini söyleyerek termodinamikle bir paralellik kurar.

Kara delikler kara değildir! Parçacık-antiparçacık olay ufkunun yakınlarında üretilirken ve biri çöker diğeri kaçarken dışarıya düşük oranda enerji sızar. Kara delikler ebedi de değildir. "Hawking ışımasının" yayılması kara deliklerin yavaş yavaş buharlaştığı anlamına gelmektedir. Bu etkiler güç algılanır, kara delik olarak macerasını sonlandıran büyük bir yıldızın sıcaklığı 10^{-8} Kelvin'dir ve buharlaşma zamanı da 10^{68} yıldır ve bu evrenin yaşıyla kıyaslandığında herhalde beklenmeye değmeyecek kadar uzun bir zaman dilimidir. Bu etkiler farazidir ve hiçbir zaman gözlemlenmemiştir.

Kara deliklerin buharlaşması başka bir sorunu doğurur. Bu, uzun yıllar pek çok fizikçinin kafasını meşgul etmiş bir bilgi paradoksudur. Kara delik ister bilgi ister basit madde formlarından oluşmuş olsun, sonuçta görünüşe bakılırsa bilgi ortadan kayboluyor. Birçok fiziksel hal tek bir hale evriliyor. Kara delik buharlaşırken dışarıya yayılan ışıma, kara deliği oluşturan maddi haller konusunda sessiz kalır. Bu durum çoğu fizikçinin canını sıkar, çünkü kutsal bir ilke fizik yasalarının tersine işleyebileceğini söyler. Şayet fizik yasaları tersine işleyebilecek olmasaydı kuantum kuramı geçerli olmazdı. Nitekim 1997'de Stephen Hawking'in çalışma arkadaşı John Preskill kara deliğin içindeki bilginin kaybolmadığı iddiasını ortaya attı. 2004'te Hawking bu iddiayı destekledi, zira kendisiyle birlikte başka bazı fizikçiler bir kara deliğin içindeki maddenin hallerine dair bilginin olay ufkunda nasıl "şifrelendiğini" çözmüşlerdi; bu tıpkı iki boyutlu hologramların üç boyutlu cisimlerle ilgili bilgileri şifrelemesine benziyordu. Bu formülasyonlar genellikle kuantum kütleçekiminin ve sicim kuramının ezoterik denklemlerini içerir.[17]

Stephen Hawking meseleyi şöyle ortaya koydu: "Eğer bir kara deliğin içine zıplarsanız kütle-enerjiniz evrene bozulmuş

bir biçimde döner, neye benzediğinize dair bilgi kolayca anlaşılmayacak hale gelir. Yanan bir ansiklopediye benzer bu. Dumanını ve küllerini saklarsanız içindeki bilgi kaybolmaz. Ama okunması çok zordur."[18]

Kara delikler muamma olarak kalmaya devam ediyor. Onların varlığı ikili yıldız sistemlerindeki büyük karanlık eşlerce kuşkuya yer bırakmayacak şekilde belli ediliyor ama kütleden başka özelliklerini ölçmek zor. Hiç kimse olay ufkunun veya tekilliğin varlığını kanıtlayabilmiş değil. Yoğun kütleçekiminin yol açtığı garip olguların çoğu henüz gözlemlenmiş değil. Kara delikler sırlarını kolay ifşa edecek gibi görünmüyorlar.

BÜYÜK CANAVAR

Kara delikler garip ve uğursuz canavarlardır. Samanyolu'ndaki en yakın örneklerinin birkaç bin ışık yılı uzaklıkta olması herhalde iyi bir haber. Ne var ki herhangi bir yıldız kalıntısından bir milyon kat büyük olan devasa bir canavar galaksinin tam merkezinde duruyor.

1974'te Sagittarius yönündeki en güçlü radyo kaynağının çok yoğun olduğu keşfedilene değin Samanyolu'nun oldukça sıkıcı bir yer olduğunu sanılıyordu. Sonraki gözlemler emisyon bölgesinin Güneş Sistemi'nden daha küçük olduğunu ve galaksinin merkezinde hareketsiz durduğunu ortaya koydu. Sagittarius radyo kaynağı galaksideki en yoğun ve en enerjik radyo kaynağıydı. Bizimle galaksi merkezi arasındaki toz yüzünden daha fazla bilgi almak zordu. 10 milyar fotondan sadece 1'i oradan kaçarak bize ulaşmaktadır.

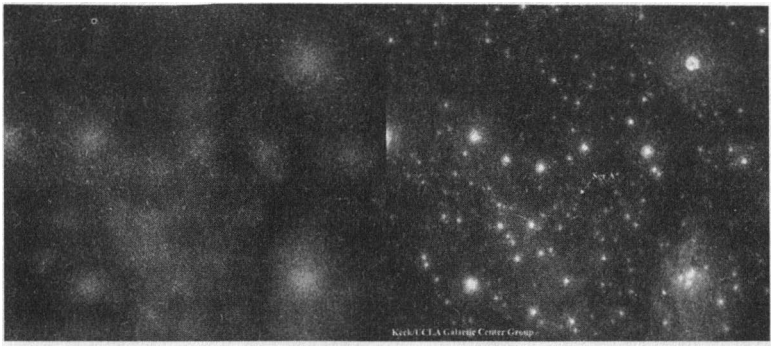
Tozun ötesini görebilmek için kızılötesi gözlemler yapıldı. Garip radyo kaynağının merkezinde sık bir yıldız kümesi yer almaktadır. Bu kümedeki yıldızlar öylesine sıktır ki şayet biz orada yaşıyor olsaydık gece gökyüzü gündüz kadar aydınlık olurdu ve bazı yıldızlar, tıpkı serseri gezegenler gibi Güneş Sistemi'ne girecek kadar yakınlaşırdı. Bir milyonu aşkın

yıldız 3 ışık yılı genişlikte bir uzaya kümelenmiş durumda; Güneş'in mevcut konumunu içine alan böyle bir bölgede sadece bir avuç yıldız olurdu. 1990'ların sonunda kızılötesi görüntüleme ve atmosferik bulanıklığı gidermek için kullanılan yöntemler, büyük teleskopların merkezi yıldız kümesindeki tekil yıldızları ilk kez saptamasına olanak tanıdı (Şekil 5.5). Kameralar 5000 mil ötedeki bir yeri görebilmektedir. Almanya ve California'daki rakip araştırma grupları yıldızların yıldan yıla uzay hareketlerini sabırla takip etmiş ve 20 yıllık bir çalışmadan sonra bazı yıldızların tam yörüngelerini çıkartabilmişlerdir.[19]

Elde edilen sonuçlar Güneş'in kütlesinden 4 milyon kat büyük bir kara cismin varlığının ikna edici delili niteliğindedir. Yıldız hareketleri bu hareketlere yol açan kütleyi ölçmek için kullanılmaktadır ve her ne kadar merkez bölgede bir yıldız yığını bulunsa da fazla kütle normal yıldızlarla açıklanamaz. Güneş Sistemi'nden daha küçük bir alanda milyonlarca Güneş kütlesi kümeleşiyorsa, bu bir kara delik olmalıdır. Yıldızlar karanlık cismin çevresinde öfkeli arılar gibi uçuşmaktadır. Yarım ışık yılı uzaklıkta saniyede 160 km hızla hareket ediyorlar ve daha da yakınlarda saniyede 800 km hızla vızıldaşıyorlar. S1 adında bir yıldız canavara bir ışık günü kadar yaklaşıp saniyede 1500 km veya saatte 4.800.000 km gibi baş döndürücü bir hızla hareket ediyor.

27.000 ışık yılı uzaklıktaki bu dev kara cisim kara deliğe en iyi örnektir. Kütleyi saptamak için yörüngelerinde dolanan düzinelerce yıldız üzerinde yapılan ölçümler, kütlesi yıldız kütlesi cinsinden hesaplanabilecek diğer kara deliklerin varlığına ilişkin delillerden daha güçlü kanıtlar sunmuştur.

Kara deliklerin varlığı şüphe götürmez şekilde kanıtlanınca, genel görelilik ve kara delikler kuramını sınamak için kara deliğin kullanılması aşamasına geçildi. Günümüzdeki en son radyo görüntüleme teknolojisi olay ufkundan sadece üç kat büyüklükteki bir alanı çözebiliyor.[20] Yakında kara delik etra-



Şekil 5.5. Yıldızların görüntüsünü bulanıklaştıran atmosferdeki türbülans hareketleri için solda özel düzeltmeler yapılmamış, sağdaysa yapılmış halde görülen galaksi merkezi. Uyarlanmış optik denilen bu teknik ve kızılötesine yakın dalga boylarında gözlemler olmayınca merkezi yıldız kümesinin ayrıntılarını görmek imkânsızlaşır. Sgr A* 4 milyon Güneş kütlesine sahip bir kara deliğin olduğu çok yoğun bir radyo kaynağının konumunu göstermektedir.

fında "sürüklenen" uzay-zamanın işaretlerini görmek veya olay ufkuna doğru düşen maddenin ölüm sancılarını seyretmek mümkün olabilir. Daha da heyecan verici hadise, olay ufkunun doğurduğu "gölgeyi" izlemek veya kara deliklerin gerçekte özellikleri bakımından yekpare olduğunu söyleyen "saçsızlık" kuramını sınamak olacaktır.

Son olarak, çok çok büyük bir kara deliğin var olması makul görünüyor, ama o tahmin ettiğiniz kadar egzotik bir madde formu değildir. Kara delikler daha iri oldukça olay ufkunun büyüklüğü kütleyle orantılı şekilde artar ama hacim daha büyük oranda büyüdüğünden yoğunluk azalır. Galaksinin merkezindeki bir kara deliğin olay ufkunun ötesindeki ortalama yoğunluk daha sıradan bir yıldız kara deliğinin içindeki yoğunluktan bir trilyon kat daha azdır, yani kurşunun yoğunluğunun yaklaşık 100 katı kadardır. Kütleçekimi güçlü olsa da kara deliğin epey büyük olması, gelgitsel genleşme kuvvetinin çok düşük olduğunu gösterir.

Spagetti olmaktan kurtulan yolcu olay ufkuna yaklaşırken ölüme mahkûm değildir. Bu, bir gün çıkabileceğimiz ve doğanın zaman makinesinin içinde neler olup bittiğini görebileceğimiz bir gezintidir.

Galaksinin merkezine yolculuk öylesine ürkütücüdür ki bilim kurgu kitaplarında bile konu edilmez. Bizim uzay yolculuğumuz hâlâ bitmiş değil; yakındaki yıldızlar bile ulaşabileceğimizin çok ötesindeler. Belki bir gün onlara dokunabiliriz ama bunun için yeni teknolojiler icat etmemiz şart. Bunu da hayatı askıya alma teknolojisini mükemmelleştirerek veya yaşayıp çoğalabilen bir koloniyi barındırabilecek kadar büyük bir uzay gemisi yaparak becerebiliriz.[21] Her koşulda Dünya'yla göbek bağımız söz konusu yolculukla geriye dönülmez şekilde kopacak, sonrasında ölen aileleri birleştirmek veya ilerlemeye devam edip belki de tanınmaz hale gelmiş bir uygarlıkla temas kurmak mümkün olmayacak. Yıldızlararası uzay boşluklarına kanlı canlı insanları değil de robotları göndermek daha kolaydır. Şayet yalnız değilsek karşılaşacağımız elçiler makine olabilir.

* * *

Böylece uzay ve zaman içindeki yolculuğumuzun ilk kısmının sonuna geliyoruz. Yıldızların ulaşılmazlığı gururumuzu kırdı. Mesafeler bize engin gelse de ışık için yakındır. Gezegenlerin saatler önceki halini, civardaki yıldızların ise on yıllar veya asırlar önceki halini görüyoruz. Keza galaksimizin merkezinin de binlerce yıl önceki halini görüyoruz. Galaksinin merkezindeki çok çok büyük kara deliğe baktığımızda kütleçekiminin bir miktar ışığı ilelebet yakaladığını görüyoruz. Gördüğümüz ışık, daha biz ilkelliğin bir adım ötesine geçip henüz kütleçekiminin şifresini çözebilecek kadar gelişmediğimiz bir zamanda sahneyi terk etmiş. Samanyolu hâlâ bizim kozmik arka bahçemiz. Acayip şeyler bekliyor bizi.

* * *

Zaman içinde geri dönüp hızlanan hareketimden dolayı fark edemediğim Neolitik Dünya'ya bakınca mest oluyorum. Vakumda hız duygusu yok ama yoğun yıldız kümesinin ortasına doğru hareket etmişim ve yıldızlar göreli konumlarını anbean değiştiriyorlar. Sıcak gazın ilmikleri yıldızlararası uzayı dokuyarak, Güneş'in aydınlattığı çiy taneleriyle kaplı parlak bir örümcek ağı izlenimini veriyor.

Ayaklarımın altında dönen gaz girdabı enerji şuleleri püskürtüyor. Bana göre benim aşağımda oluyor bu ama ben serbest düşüşteyim, dolayısıyla ne hareket ne de tehlike duygusu söz konusu. Manzaranın aydınlık güzelliği bütün endişelerimi silip götürüyor. Birkaç dakika sonra nefis bir manzara ortaya çıkıyor; girdabın içinde bir kara delik oluşuyor. Ve olay ufku.

Ben ona yakınlaştıkça kara elips ve çevresindeki gaz sarmalı büyüyor. Ufkun ucuna yakın yıldız ışığının bir eğlence aynasındaymış gibi kırılıp çarpıklaştığını görüyorum. Ölçeği kestirmek için bir işaret yok ama karanlığın 10 milyon mil boyunca uzandığını biliyorum. Güneş'i gölgede bırakıyor ve şimdi kendimi kozmik bir enkaz gibi hissetmeme yol açıyor.

Aniden perspektifim değişiyor. Ben uzayın içinde düşmüyorum, uzayın kendisi düşüyor. Bir uzay şelalesi kara deliğin içine akıyor ve onunla birlikte sürükleniyorum. Birincisinin ardından ikinci bir sürpriz geliyor; bu seferki daha sarsıcı. Zaman oku tersine dönüyor ve düşüncelerim zamanda geriye doğru açılıyor. Dış olay ufkunu yeni geçtim ve zaman ve uzay yer değiştirdi. Az önce özgürce hareket ettiğim ve zamanın akışının kaçınılmaz olduğu duygusuna sahiptim. Şimdiyse zaman üzerinde serbestiyetim var ama yörüngem aşağıdaki kütleçekimi çukuruna geriye dönüşü olmayacak şekilde bağlanmış durumda. Boğazım sıkışıyor. Uzaktaki yıldız bölgelerini görebiliyorum hâlâ ama hiç kimse beni göremiyor. Artık kaçamam. Zira geri dönülmeyecek bir şey yaptım.

Dış ve iç olay ufuklarının arasındaki uzay-zamanın kaosu içindeyim. Işık hızına yakın hızda içeri akan uzay aynı ölçüde hızlı dışarı akan uzayla buluşuyor. Uzayın şiddetli biçim bozulmaları kafa

karıştırıcı. Her ne kadar kara deliğe doğru artan hızla akın ettiğimi bilsem de kara delik giderek küçülüyormuş gibi görünüyor. Dışarıdaki evren küçülerek başımın üstünde duran yarım ışık kubbesine dönüşüyor. Şimdi bir gelgit kuvvetini bariz hissediyorum. Tekilliğe ulaşacağım. Kendimi olacaklara bırakıyorum, korkum beklentiye dönüşüyor. Ne de olsa Dünya'daki hangi deneyimi bu yaşadığımla kıyaslayabilirim ki?

II
UZAK



6

ADA EVREN

Ne yana bakarsam bakayım muazzam büyüklükteki çark gözlerimin önünde uzayıp gidiyor. Beyaz ilmekleri kıvrılarak yayılıyor her yöne; İpeksi bulut kümeleri pırıltılı elmaslarla bezenmiş. Çevredeki her bir kol gecenin karanlığına karışıp gözden kayboluyor. Ayırt edilebilir bir kıyı, kenar yok. Işık rüzgârda kaybolan bir ses gibi azalarak sönüyor. Işık demetleri merkezde sarı bir yumağa karışıyor. Merkezin düpedüz üstünde değilim, bu nedenle benim perspektifimden bakılınca genel manzara oval. Merkezdeki kabarıklık pürüzlü bir toz şeritle kesiliyor. Çamurlu bir yol kadife çiçeği demetinin içinden geçiyor.

Manzara karşısında kendimden geçiyorum. Derken bir süre sonra hareket duygusu uyanıyor içimde. Büyük spiral çok yavaş dönüyor. Hayır, hayır, çok hızlı dönüyor, bütün bir tur yüz milyonlarca yıl sürüyor olsa gerek. Ve yanlış yönde dönüyor; dönerken kollar arkaya doğru gitmeli, öne değil. Aha. Belki de dönen benim. Durumun göreliliğine gülüyorum.

Galaksi az önceki halinden daha büyük. İçine düşüyorum. Hızı hissetmiyorum, ta ki civardaki haleli yıldızlar ışık saçıp hızla hareket ederek donuklaşana değin. Derken uzakta küre şeklinde bir yıldız bulutu beliriyor. Hardal sarısı renginde. Bulut giderek büyüyor. Merkezi öyle yoğun ki içini göremiyorum ve direkt ona doğru gidiyorum. Darbeye kendimi hazırlıyorum.

Ama hiç darbe gelmiyor. Yıldız kümesi dışa doğru yaylıyor. Birden kendimi bu kümenin içinde buluyorum. Her yanımdan hızla geçiyorlar ama yıldızlar arasındaki boşluk çok geniş olduğu için kendimi tehlikede hissetmiyorum. Bir an için yıldızböceklerinden bir bulut gibi dans eden bir halenin içine dalıyorum. Sonra karanlık uzaya dönüyorum. Küre şeklindeki kümenin içinden kazasız belasız geçip büyük spiralin üzerine düşüyorum. Sonra merkeze olan mesafenin üçte ikilik kısmını geride bırakıp, mavi ve beyaz renklerde spiral kolun ucuna yaklaşıyorum. Garip bir şekilde tanıdık görünüyor bana.

NEBULANIN YAPISI

Edwin Hubble aysız gecede gökyüzüne baktı. Kusursuz bir geceydi. Arkasındaki 2,5 metrelik Hooker teleskopu cıva renkli ayaklarının üzerinde sonraki hedefine doğru usulca yöneliyordu ve teleskopu hareket ettiren motorların sesi sıcak yaz havasında yayılıp Hubble'ın kulağına kadar geliyordu. Hubble portakal ağaçlarının ve at çiftliklerinin arasından geçip Wilson Dağı'na doğru direksiyon sallıyordu. Yolculuk kafasını boşaltıp gece gözlemi için plan yapma fırsatını vermişti ona.

Dağın zirvesinden ekseriyetle karanlık vadiye bakınca uykuya dalmış Pasadena kentinin ışıklarını görebiliyordu. Daha ötede sol tarafta Los Angeles kenti vardı. Oradan uzak duruyordu. Zira Los Angeles hırsızlar, kaçakçılar ve genelevlerle dolu bir batakhaneydi; polislerin çoğu sahtekârdı ve valinin başyardımcısına şantajla para sızdırma suçlamasıyla soruşturma açılalı çok olmamıştı. Uzakta sağ tarafta Hollywood kasabası vardı. Yeni "Hollywoodland" tabelasının dikildiği yeri görebiliyordu. Bazı stüdyolar gece çekimi için aydınlatılmıştı. Ufukta Long Beach kumsalında petrol ateşinin alevleri titreyerek havaya yükseliyordu. İstemsizce kaşlarını çattı. Ticaret pis işti ve bu ışıklar gece gökyüzünün karanlığını kirletiyordu.

Sene 1923'tü ve Los Angeles'ın nüfusu yarım milyondu ama hızla gelişen bu şehrin nüfusu 1930'da iki katına çıkacaktı. O yılın sükse yapan filmleri Cecile B. DeMille'nin *On Emir* ve Douglas Fairbanks'ın oynadığı *Robin Hood* adlı yapımlardı. Dört Warner kardeş daha yeni bir stüdyo açmıştı ve Roy ve Walt Disney bir emlak ofisinin arkasında animasyon yapmaya başlamışlardı. Konuşan resimler, Oscarlar ve Grauman'ın Çin Tiyatrosu'nun dışındaki yıldızlar, bunların hepsi gelecekte bir bir var olacaktı. Pasadena'da California Teknoloji Enstitüsü'nün küçük kampüsü tanınmaya başlamıştı. Kurucularından George Ellery Hale Wilson Dağı'na 2,5 metrelik bir teleskop konuşlandırmak için gereken parayı bulmuştu. Diğer kurucu Robert Millikan ise fizik alanında Nobel Ödülü'nü daha yeni kazanmıştı.

Havada tutku vardı. Hubble kendinde de tutkuyu hissediyordu. Fakat soluk bir ışık lekesinin evrene bakışımızı kökten değiştireceğini aklının ucundan bile geçirmiyordu.

Ekimin son günleriydi ve Hubble o ayın ilk günlerinde çektiği bir fotoğraf plakasına bakıyordu. Aydınlattığı üç beneğin yanına yazdığı "N" harfi onların nova, yani patladıktan sonra haftalarca, hatta aylarca parlak kalan yıldızlar olduğuna işaret ediyordu.[1] Fakat gözlem dizisindeki diğer plakalarla kıyaslayınca yıldızlardan birinin düzgün periyodik değişimler sergilediğine ikna olarak heyecanla "N" harfinin üzerini çizip, yerine, onun düzgün bir değişken [*variable*] olduğunu belirtmek için "VAR" yazdı.

Aradaki fark çok büyüktü. Farklı novaların mutlak parlaklıkları 3 veya daha fazla kat değişiyordu, dolayısıyla görünür parlaklık mesafeyi saptamada yetersiz bir kılavuzdu. Öte yandan Sefe değişkenleri tahmin edilebilir şekilde titreşir. 1908'de Harvard Koleji Gözlemevi'nde çalışan Henrietta Leavitt özünde daha parlak Sefelerin daha uzun süreli değişimler sergilediğini bulguladı ve aradaki ilişki güçlü ve belirgindi. Bu da demektir ki görünür parlaklık ve periyot birlikte yıl-

dıza olan uzaklığı veriyordu. 2,5 metrelik teleskop çok uzak mesafedeki yıldızları tek tek gözlemlemeye yetecek ölçüde ışığı yakalama kapasitesine sahip ilk teleskoptu. Ve Hubble evrenin büyüklüğünü araştırmak için onu kullanmaya kararlıydı. Gözlerini nebula diye adlandırılan esrarengiz göksel cisimlere çevirdi.

Nebula sözcüğü Latincede bulut anlamına gelen sözcükten türemiştir ve yıldız oluşum bölgeleriyle bağlantılı olduğu görülen bulanık ışık yamalarının teleskopla gözlemlenmesinden beri bilinmektedir. Kuyrukluyıldız avcısı Charles Messier 1781'de 103 tane nebulayı listelemişti. Durağan hedeflerden oluşan listesi aslında kuyrukluyıldız avcılarının uzak durması gereken "defolu" bir listeydi. 20 yıl içinde William ve Caroline Herschel zikrettiğimiz sayıyı 2500'e yükselttiler. On dokuzuncu yüzyılın ortasında William Parsons, namı diğer Üçüncü Rosse Kontu yeni büyük teleskopunu nebulalara çevirdi. İrlanda'nın yağmurlu güney bölgesinde konuşlandırılmış teleskopuna "Parsons kenti Canavarı" lakabı takılmıştı. Onunla spiral yapıya sahip 14 nebula tespit etti ve onların bazılarının pürüzsüz bulutlarını, yıldızlar deryasının münferit üyelerinin iğne ucu kadar küçük ışıklarına kadar çözebileceğini iddia etti. Parsons'un Leviathan'ı 60 yılı aşkın bir süre Dünya'nın en büyük teleskopu olma unvanını korudu, ta ki Hubble Güney California'nın yaz havasında teleskopunu gökyüzüne çevirene değin.[2]

Üç yıl önce Washington DC'de yapılan resmi bir tartışma Hubble gözlemlerinin zemini hazırladı. Bir yanda Harvard Koleji Gözlemevi müdürlüğüne atanana değin Wilson Dağı Gözlemevi'nde çalışmış parlak genç Harlow Shapley vardı. Shapley kendisiyle aynı eyaletten olan ve aynı ölçüde parlak ama daha genç Hubble ile iki yıl birlikte çalıştı. Aralarında uygar ama çoğu zaman buz gibi soğuk bir ilişki vardı. Tartışmada Shapley Samanyolu'nun büyük olduğu ve çevresindeki nebulaların gaz bulutları olduğu görüşünü

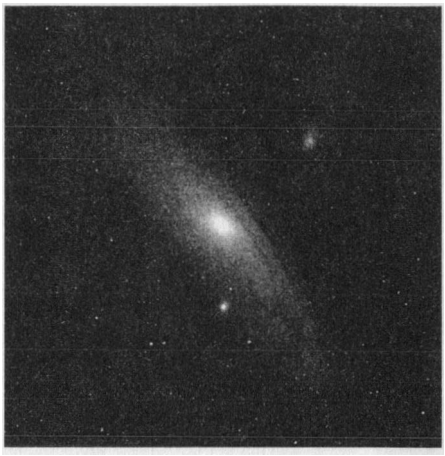
savunuyordu. Bu, nebula hipoteziydi. Shapley'e göre Samanyolu evrendi.

Tartışmanın diğer yanındaysa Shapley kadar gösterişli olmayan, ondan daha yaşlı Heber Curtis vardı. Curtis ileride Michigan Üniversitesi gözlemevinin müdürü olacaktı. Kılı kırk yaran saygın biriydi. Bir fikre ikna olmadan önce kanıtların yüksek standartta olup olmadığına bakardı. Curtis, Andromeda (M31) ve diğer spiral nebulaların "ada evrenler", yani Samanyolu'ndan uzak yıldız sistemleri olduğunu savunuyordu. Bu fikri ilk ortaya atan kişi olan İngiliz astronom Thomas Wright yazdığı kitapta Samanyolu'nun görünüşünü şöyle anlatıyordu: "Bileşen cisimlerin tek tek ayırt edilemediği çok sayıda bulutumsu nokta olarak algılıyoruz; onlar büyük olasılıkla, bilinenin ötesinde, teleskoplarımızın görüş alanından çok uzakta harici varlıklardır."[3] Ada evren hipotezi Wright'tan esinlendiğini itiraf eden ünlü Alman filozof Immanuel Kant tarafından geliştirilip yayılmıştır (Şekil 6.1).

Kim kazandı? Yükselen yıldız mı temkinli taraf mı? Bu, iki taraf da bazı noktalarda kazanırken diğerlerinde kaybettiği için berabere biten bir oyundu.

Shapley, Samanyolu'nun 300.000 ışık yılı genişliğinde, önceden sanılandan 10 kat daha büyük olduğu yönünde savlar öne sürüyordu. Ayrıca küresel öbeklerin dağılımını kullanarak galaksinin merkezinden uzakta olduğumuz sonucuna vardı. Her iki önermesi de doğruydu. Ne var ki bununla yetinmeyip yanlış uzaklık ölçümlerini kullanarak Andromeda nebulasının Samanyolu'nun içinde olduğunu iddia etti ve spiral nebula M101'in de Samanyolu'nun içinde olduğunu kanıtlamak için bu nebulanın hızlı dönüşünün tartışmalı ölçümünü yüzeysel şekilde değerlendirip doğru kabul etti.[4]

Curtis'e gelince, henüz elimizde kesin kanıt olmasa da spiral nebulaların harici galaksiler olduğunu öne sürerken haklıydı. Nova mesafelerinin onları Samanyolu'nun dışına ittiğini ileri sürmüştü ve spektroskopi ışınsal hızlarının



Şekil 6.1. Modern bir teleskobun çektiği Andromeda (M31) galaksisinin görüntüsü. Yirminci yüzyılın başlarında bunun gibi spiral nebulaların Samanyolu'nda yıldız oluşum bölgeleri mi, yoksa bizim galaksimizden ayrı "ada evrenler" mi olduğu belli değildi. Hubble uzaklık ölçümü yapmak için nebulanın eteklerindeki parlak değişken yıldızları saptayıp ölçtü.

Samanyolu'ndan kaçacak kadar yüksek olduğunu göstermişti. Curtis ayrıca onların bizim galaksimiz gibi karartıcı cisimlerle bölündüğünü de vurgulamıştı. Öte yandan Shapley'in mesafe ölçümü yapmak için Sefe değişenlerini kullanmasını haksız yere eleştirmiş ve galaksimizin büyüklüğü konusunda yanılmıştı.

Hubble anlayışlı bir şekilde tartışmayı çözüme bağladı. Kendisi hiç kuşkusuz yirminci yüzyıl astronomisinin babasıydı ama namını abartmaya iflah olmaz bir eğilimi vardı. Lisedeyken gülle atışında, yüksek atlamada ve basketbolda ustaydı ve amatör bir boksördü. Sadece imla dersinde düşük not alıyordu. Sonradan anlatılanlara göre, boks menajerleri onu profesyonel boksör olmaya ikna etmeye çalışmış ve dünya şampiyonasına çıkarmaya niyetlenmişlerdi. Ayrıca karısıyla

flört ettiği bir Alman deniz subayıyla düello yapmaktan bahsetmek de hoşuna gidiyordu. Hubble hukuk tahsil etti ama öğrendiklerini asla pratiğe dökmedi ve içinde astronomi hevesi uyanana değin okul müdürü olarak çalıştı. Birinci Dünya Savaşı'nın sonunda orduda görev yapıp binbaşı rütbesine kadar yükseldi. Ondan sonra yıllar boyunca kendini Binbaşı Hubble diye tanıttı. Rhodes Bursu'nu kazanıp Oxford'lu bir üniversite hocasının aksanını ve adabını hayatı boyunca korudu; meslektaşları buna şaşırıp kalmışlardı.

2,5 metrelik teleskopunu California'nın karanlık gökyüzüne çeviren Hubble kendini nebulaları incelemeye adadı. Bir yıl içinde bir düzineden fazla Sefe bulguladı ve Leavitt'in periyot-aydınlık ilişkisini kullanarak Andromeda nebulasının uzaklığını ölçtü. Samanyolu'nun en ucundan şaşırtıcı ölçüde uzakta, bir milyon ışık yılı mesafedeydi. Düzinelerce başka spiral nebulaların uzaklıklarını da ölçtü; hepsi de milyonlarca ışık yılı uzaklıktaydı. Hubble bilinen evrenin büyüklüğünü 100 kat genişletti.[5]

Hubble bu hikâyenin kahramanıdır, kozmoloji tarihinin devidir. Herhalde birçok yeteneğinden biri de kendini iyi tanıtması olduğu için hikâyesi dilden dile dolaştı.

Öte yandan anlatılmayan kahraman Henrietta Leavitt'tir. Hubble ve Shapley'in ölçtüğü tüm uzaklıklar Sefe değişkenlerinin "standart ışık kaynağı" olarak kullanılabileceği yönündeki keşfine bağlıydı. Leavitt, Radcliffe'e gidip astronomiyle uğraştı, ama çalışmaları onu ağır şekilde sağır bırakan hastalığı yüzünden yarım kaldı.[6] Kendisiyle birlikte diğer bazı kadınlar fotoğraf plakaları üzerindeki görüntüleri taramak ve ölçmek gibi zahmetli işleri yapmak üzere Harvard Koleji gözlemevi tarafından "bilgisayarlar" lakabıyla işe alındılar. Leavitt çalışmaları esnasında Sefe değişenlerinin periyoduyla mutlak parlaklığı arasındaki ilişkiyi keşfetti. Keşfini daha ileri bir noktaya taşımak istediyse de düşük mevkide olması buna izin vermedi. Shapley gözlemevinin idaresini üstlenince ona

destek çıktı, ama ne yazık ki Leavitt kanserden öldü ve evren görüşümüzü değiştirmek için Hubble'ın kendi keşfini kullanmasını bile göremedi.

Shapley saygın bir astronom oldu ama nebulaların yapısının keşfedilmesi ona vurulan bir darbeydi. Hubble ona mektup yazıp Andromeda'nın uzaklığını söyleyince Shapley mektubu bir kenara savurup şöyle dedi: "Şu mektup benim evrenimi yıkıyor!"[7] İki yıl önce kendisinin aynı keşfi yapabilecek durumda olması ise fevkalade ironiktir. Bazı plakaları nebulanın dönüşüne bakması için Wilson Dağı'ndaki asistanlardan biri olan Milton Humason'a göstermişti. Humason dönüşü görmedi ama Sefe değişkenleri olabileceğini düşündüğü yıldızları gördü ve bir kalemle plakanın arkasında onları işaretledi. Shapley, onların Sefeler olamayacağından emindi, çünkü spiral nebulaların Samanyolu'ndaki gaz bulutları olduğuna inanıyordu. Bu yüzden mürekkep işaretlerini mendille sildi.

SPİRAL YAPI

Hubble hayatının geri kalanında spiral nebulalar üzerinde çalışmaya devam etti (Samanyolu'ndan ayrı yıldız sistemleri olarak tanımlamak amacıyla bugün bunlara galaksi[8] diyoruz). Nebulaların görünüşlerine dayanan bir sınıflandırma şeması icat etti ki bu şema günümüzde de kullanılmaktadır.[9] Farklı türlerin evrimsel bir sırayı temsil ettiği gibi bazı görüşleri çürütüldü. Hubble George Ellery Hale'in şaheseri, Palomar Dağı'ndaki 5 metrelik aynalı teleskobu kullanan ilk kişidir. Bu cihazla milyonlarca spiral galaksinin olduğunu kestirecek kadar uzağı görebiliyordu. Onun ismini alan uzay teleskopu spiral galaksilerin aslında milyarlarca olduğunu artık bize göstermiştir.

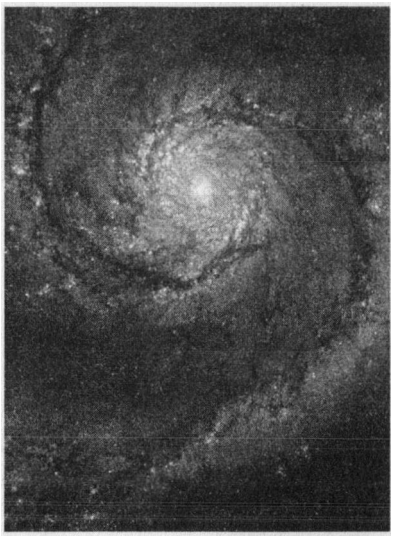
Spiral bir galaksi içinde yaşadığımız için bizimkisi bildiğimiz en iyi galaksi değil mi? Hem evet hem hayır. Hepimiz bir aile içinde büyürüz ve ailemizi iyi tanıdığımızı sanırız.

Ama bizim ailemiz genel olarak ailelerin özelliklerini anlamada yetersiz bir kılavuz olabilir. Elbette içinde yaşadığımız galaksinin unsurlarını görebiliriz ve onun yıldız oluşumunu ayrıntılarıyla inceleyebiliriz. Ama bir bakıma ona fazla yakınız. Diskin içinde yaşamak demek galaksi merkezini ve uzak ucunu görmemize toz engel olacak demektir. Ve görkemli spiral kolları asla göremeyeceğiz. Bu nedenle en yakınımızdaki örneklere gözümüzü çevirmek zorundayız: 2,5 milyon ışık yılı ötedeki Andromeda (M31); ondan biraz daha uzakta, 3 milyon ışık yılı ötedeki Triangulum (M33); 12 milyon ışık yılı ötede, Büyükayı içindeki M81; ve Samanyolu'ndan 23 milyon ışık yılı ötedeki Girdap (M51) ve Fırıldak (M101) spiralleri.[10]

Hızlı ayaklarıyla ışık bile bu kadar uzağa giderken yorulur. Bizler en yakın galaksileri milyonlarca yıl önceki halleriyle görüyoruz. Günümüzde teleskoplarımızın topladığı ışık, M31 ve M33 galaksilerini, ilk insanların beyinlerinin bizimkilerden üç kat küçük olduğu ve onların Afrika'daki hayvanlar arasında istisna teşkil etmediği zamanlarda terk etmişti. Bizim gördüğümüz ışık M51'i terk ettiğinde, insanlarla maymunlar henüz hayat ağacında ayrışmamıştı. Keza bizim gördüğümüz ışık M101'den ayrıldığında en büyük maymunlar bir köpekten daha büyük değildi. Bu galaksilerin şimdi ne yaptıklarını bilemeyiz. Bunu milyonlarca yıl sonra öğreneceğiz. Bizler her zaman eski ışığa mahkûmuz.

Galaksiler bizi seyahat alanından tarih alanına götürür. Ne de olsa hayal gücümüzü hesaba katmazsak gidilemeyecek veya iletişim kurulamayacak kadar uzaktadırlar. Ama ışığın sınırlı hızı zamanda geriye bakmak için galaksileri kullanmamıza olanak tanır. Galaksilerin gözlemlenmesi yoluyla tarihin sayfaları açılır.

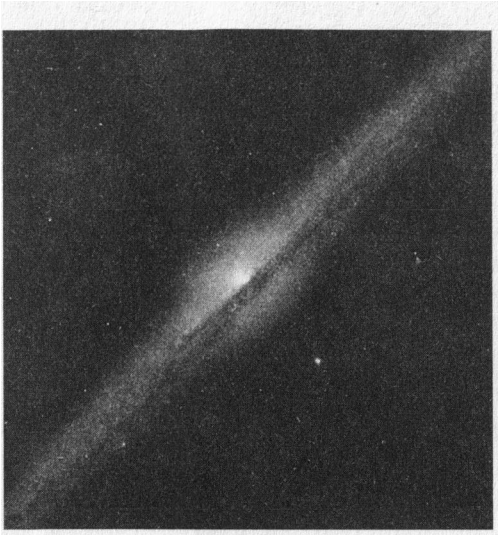
Bilimsel kavrayış genellikle sınıflandırmayla başlar. Bu kelebekleri yakalamadık ama onlar çevremizi saran karanlığın içinde, onları yoklamamızı bekliyorlar. Zamanın bir nok-



Şekil 6.2. Girdap galaksisi (M51). Cepheden gördüğümüz bu galaksi bize spiral kollarının tam bir görüntüsünü sunuyor. Hubble Uzay Teleskobu ile çekilen bu fotoğraf spiral kollar üzerindeki parlak yıldız oluşum noktalarını gösteriyor. M51'in merkezinde nispeten küçük bir kabarıklık var.

tasında donmuş halde yakalandığında spirallerin rastgele yönelimleri olduğunu görürsünüz. Bazıları tüm simetrisiyle cepheden olduğu gibi görünür (Şekil 6.2). Bazıları ise yandan görünür, diskleri kömür gibi kara bir damarla yarılmış haldedir (Şekil 6.3). Andromeda gibi çoğu ise olduğundan küçük görünen spiral yapısıyla eğik açılarla gözükür.

Bunlar kelebekler kadar canlı renklere sahip değil. Kobalt mavisi ve parlak kırmızı taşımıyorlar, sadece soluk sarı renkli bir merkezi olan soluk renkli ince ve geniş bir diskten ibaretler. Öte yandan örüntüler incelikli ve zarif. Hubble spiral kolların görünürlüğü ve şekline ve yıldızların ortasındaki pürüzsüz kabarıklığın belirginliğine dayanarak spiralleri sınıflandırdı. Hubble dizilimi düzgün ve sıkı sarılmış kollar



Şekil 6.3. Yandan görünen spiral galaksi NGC 4565'e "İğne galaksi" lakabı takılmıştır. Bu galaksi 1785'te William Herschel tarafından keşfedilmiştir. 30 milyon ışık yılı uzaklıktadır. Karartıcı toz, diskin orta düzlemini kaplamaktadır ve fıstık şeklindeki kabarıklık da açıkça görülmektedir.

ve büyük parlak kabarıklığı anlatan "a"dan başlayıp parça parça gevşek sarılmış kollar ve ufak kabarıklığı simgeleyen "d"ye kadar gider.

Samanyolu ve dizilimin ortasındaki diğer galaksilere büyük planlı spiraller adı verilir. Bunlar galaksiyi zarif bir şekilde saran iki kola sahiptir ve kollar yıldız oluşumu noktaları ve tozlu bulutlarla bezelidir. Spirallerin sadece onda biri klasik görünüme sahiptir. Yarıdan fazlası birçok kola ve hatta bunlardan bazıları şaşılacak kadar çok kola ve ana koldan uzanan kısa çıkıntılara sahiptir. Bu melez yapılara baktığımızda soyu sopu belli olan bir galakside yaşadığımız için seviniriz. Çoğu spiral kusursuz simetriden yoksundur. Üçüncü ve son sınıftakiler öylesine karmaşık bir yapıdadırlar ki spiralin örüntüsü ya görülmez ya da zar zor seçilebilir; bunlara topaksı spiral adı

verilir. Genel olarak spirallerin yarısı, Samanyolu da dahil, çubuklara sahiptir. Çubuklar kabarıklıktan çıkan ve kolları bağlayan doğrusal yapılardır. Diğerleri genç mavi yıldız halelerine sahiptir ve çoğu, çekirdek bölgesini iplik gibi dokuyan toz şeritlere sahiptir.[11] Hevesli kelebek koleksiyoncusunun ilgisini çekebilecek zengin bir çeşitlilik söz konusudur.

Spiral bir galaksinin yapısal öğeleri onları oluşturan yıldız türlerine ve yörüngelerine göre ayırt edilir. Diskler dairesel yörüngeleri olan genç ve parlak yıldızlara sahiptir; en enerjik yıldız oluşumu spiral kollarda gerçekleşir. Disk geniş ve ince hamur pizzanın geometrisini andırır; genişliğine kıyasla çok incedir. Ortadaki şişkinlik sırt sırta vermiş iki haşlanmış yumurtaya benzer. Burası, üç boyutlu elips yörüngeler üzerinde hareket eden eski yıldızların kesif bölgesidir. Hale ise diski kaplayan ve daha ötesine uzanan dairesel bir bileşendir; büyük kütlesi oradaki varlığının zar zor görülebilmesi gerçeğine ters düşer. Haleler dev küresel kümeler ve hepsi elips biçimli yörüngelerde dolanan eski münferit yıldızlardan oluşur. Ayrıca merkezde, galaksi yakın olmadığı sürece zar zor seçilen çok çok büyük bir kara delik vardır.

Spiral galaksiyi belirleyen büklümlü kollar optik bir yanılsamaya dönüşür. Bunu görmek için bu galaksilerin nasıl döndüğüne bakmalıyız. Eğer spiraller eski moda LP benzeri katı cisimler gibi dönseydiler dönüş hızı merkezden uzaklaştıkça doğrusal şekilde artar ve farklı mesafelerdeki yapılar aynı hizada kalırdı. Ama spiraller merkezden uzaklaştıkça değişmeyen bir dönüş hızına sahiptirler. Bu nedenle dış bölgenin devri tamamlaması iç bölgeden daha uzun sürer ve spiral örüntünün oluşması için galaksinin "bükülmesi" gerekir. Ama bir sorun var; spiralin oluşması çok hızlı gerçekleşiyor. Güzel bir spiralin oluşması için sadece iki kez dönmek veya yaklaşık yarım milyar yıl yetiyor. Ve Samanyolu gibi galaksiler yirmi dört kez dönmek için gereken zamanı buldular. Sımsıkı sarmalanmış olsalardı kollar görülmezdi.

Bir spirali başka ne meydana getirebilir? Farz edin ki bir otoyolda araba sürüyorsunuz ve karşınıza Harley motosikletlere binmiş siyah deri kıyafetli bir sürü kadın çıkıyor. Gelin, onlara "Cehennem Nineleri" diyelim. Bir hayli temkinli oldukları için saatte 60 km hız yapıyorlar. Siz ise onlara saatte 100 km ile yaklaşıyorsunuz ve sıkışık kalabalığın içinden geçebilmek için yavaşlamak zorunda kalıyorsunuz. Sonra tekrar eski hızınıza çıkıyorsunuz. Herkes aynı şeyi yapıyor. Yukarıda uçan bir helikopterden bakıldığında sıkışık trafiğin saatte 60 km hızla aktığı ama arabaların hepsinin saatte 100 km hızla gittiği görülür. Bu durumu, içindeki cisimlerden farklı bir hızla giden bir "yoğunluk dalgası", bir yoğunluk artışı olarak düşünebiliriz.

Dönen bir galaksideki Cehennem Nineleri yoğunluğun ortalamadan yüksek olduğu yerler meydana getirerek bir spiral örüntü oluştururlar. Bir galaksinin iç kısmında yıldızlar dalgadan daha hızlı hareket eder ve onu geçerler (sizin nineleri geçmeniz gibi). Dış kısımda ise yıldızlar dalgadan daha yavaş hareket eder ve onun gerisinde kalırlar (sizin ninelerin gerisinde kalmanız gibi). Dolayısıyla spiral örüntü çoğu yıldızdan daha hızlı hareket edebilir ve gerilimden uzak durur. Sürekli değişen yıldızlarla bağlantısı olan geçici bir yapıdır o.

Spiral kollarda çok sayıda sıcak genç yıldız ve faal yıldız oluşum bölgeleri bulunduğunu hatırlayalım. Bir yıldız dalgaya yaklaştığında artan kütleçekiminden dolayı hızlanır. Dalgadan ayrıldığındaysa yavaşlar. Dalgaya yakın ise durur, bu yüzden orayı yoğun bir bölge, spiral bir kol olarak görürüz. Artan yoğunlaşmayla oluşan basınç gaz bulutlarının çöküp yıldız oluşturmalarına yol açar. Genç yıldızlar spiral kol şeklini alırken sonunda yaşlanıp yok olurlar. O süre zarfında dalga başka bir yere ilerleyip orada yıldız oluşturur. Spiral kolları seyyar yoğunluk dalgaları meydana getirir.[12]

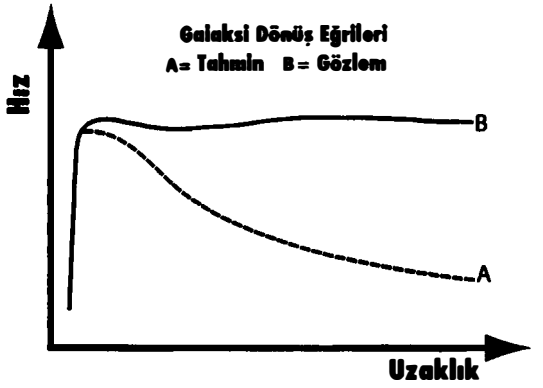
Spiraller farklı kütle ve büyüklüklere sahiptir, bir milyar Güneş kütlesinden daha küçük ve 10.000 ışık yılı genişliğin-

de olanları bulunduğu gibi bir trilyon Güneş kütlesinde ve 300.000 ışık yılı genişliğinde olanlar da vardır. Samanyolu tipik bir ortalama ağırlıkta spiraldir, bu nedenle onun sayılarını kıstas alabiliyoruz. Bir spiral 200 milyar Güneş kütlesi ağırlığında 400 milyar yıldıza sahip olabilir; bu da çoğu yıldızın Güneş'inkinden daha küçük kütleye sahip olduğunu gösterir. Yıldızların kabaca yüzde 80'i diskte, yüzde 20'si kabarıklıkta ve yüzde 1'i de halede yer alır. Ayrıca disk yaklaşık 10 milyar Güneş kütlesinde gaza sahiptir ve yıldız oluşumunun hammaddesi olan bu gaz yılda yaklaşık beş yeni yıldız oluşturur. Bu yıldız oluşumunda etkileyici bir tempo gibi görünüyor ama 2 milyar yılda gaz tükenecektir ve çoğu spiraller bundan daha yaşlı olduğu için galaksilerarası uzaydan gaz tedarik edilmesi veya "doldurulması" gerekir.

Bunlarla birlikte gizemli bir unsur da var.

Bazen öylesine acayip bir gözlem yapılır ki kimse o gözlemle ne yapacağını bilmez. 1933 yılında da böyle bir durum yaşandı. O yıl California Teknoloji Enstitüsü'nde çalışan astronom Fritz Zwicky Saç Kümesi'ni oluşturan galaksilerin hareketlerini ölçtü ve oradaki galaksilerin kütleçekimiyle kümede tutulamayacak kadar hızlı şekilde birbirinden uzaklaştığını gördü. Gelecek bölümde onun çalışmasına döneceğiz. Fakat 40 yıl sonra spiral galaksilerin dönüş biçimini inceleyen araştırmacılar tatsız bir tercihle karşı karşıya kaldılar: Ya biz kütleçekimini anlamıyoruz veya kütlenin çoğu ışık yaymayan esrarengiz bir madde.[13]

Yaptıkları şey şu oldu: 1970 dolaylarında Ken Freeman ve Avustralya'daki çalışma arkadaşları disklerin dönüşünü haritalandırmak için spiral galaksilerdeki gazın radyo ölçümlerini kullandılar. Bu arada ABD'deki Carnegie Enstitüsü'nde çalışan Vera Rubin ve Kent Ford aynı şeyi optik spektroskopiyle yaptılar.[14] Her iki grup da dönüş hızının galaksilerin ucuna kadar yol boyunca sabit kaldığını gördüler. Bunun neden şaşırtıcı olduğunu anlamak için Samanyolu'na bakma-



Şekil 6.4. Merkezden uzaklığın bir fonksiyonu olarak galaksinin dönüş hızının grafiğine dönüş eğrisi adı verilir. Şayet kütle büyük ölçüde merkez bölgelerde yoğunlaşmışsa diskteki gazın ve yıldızların hızının merkezden uzaklaştıkça azalması gerekir (A). Fakat bunun yerine gözlemlenen şey, düz bir dönüş eğrisidir (B). Burada karanlık madde hızlı hareketi açıklamakta yardımımıza koşar.

mız lazım. Gezegenler Güneş'in kütleçekiminin etkisi altında yörüngelerinde dolanırlar ve hızları Kepler'in üçüncü yasasıyla belirlenir. Yörünge hızı mesafenin karekökü oranında azalır. Dolayısıyla Dünya saniyede 30 kilometre dolanırken, beş kat daha uzağımızdaki Jüpiter saniyede 13 kilometre dolanır. Spiral galaksilerdeki kütle merkezde yoğunlaştığından dönüş hızları çepere gelmeden çok önce yavaşlıyor olmalı (Şekil 6.4). Ama böyle olmuyor.

Vera Rubin'e meslektaşları şüpheyle (veya daha kötüsüyle) ilk kez şimdi yaklaşmamışlardı. Vassar'dan bilim bursu almış ve Cornell'de yüksek lisans yapma şansı kazanmıştı ama yüksek lisans tezi lokal evrendeki galaksilerin büyük ölçekli hareketlerine dair veriler sunuyordu ve o günün standart kozmoloji görüşlerine ters düşüyordu. Buz gibi karşılandı ve büyük bir astronomi buluşmasında insanlara olumsuz lanse edildi. Doktora için Princeton'a safça mektup yazdıysa da cevap alamadı. Princeton 1975'e kadar kadın öğrencileri

doktora programına kabul etmedi. Georgetown'daki doktora tezi galaksilerin kümeleşmesiyle ilgiliydi ama bu alan 15 yıl boyunca ilgi görmediği için çalışması önemsenmedi. Palomar Dağı'nda gözlem yapan ilk kadın olmasına rağmen gözlemevinin "Manastır" lakabı takılan erkek yurdunda kalmasına izin verilmedi.

Böylece 1970'lerde spiral galaksilerin "dönüş eğrilerini" sunmaya başladığında bu alan artık biliniyordu ama sunumu anlaşılmadığı gibi kabul de görmedi. Ne var ki doğa biz kendimizi iyi hissedelim diye var değildir ve veriler de inatçıdır, kendilerini hemen ele vermezler. Ondan sonra binlerce spiral galaksinin dönüşü ölçüldü ve bütün ölçümlerde dönüş hızı görünür maddeyle açıklanamayacak kadar yüksek çıktı. Astronomlar tatsız seçeneği yavaş yavaş kabul etmeye başladılar. Newton'un oldukça başarılı kütleçekimi kuramını bir kenara atmanın lanet getireceğine inandıkları için kütleçekiminde etkili olan ama ışıkla etkileşimi olmayan bir madde formundan oluşan evrende yaşamaya alışmışlardı. Samanyolu da dış çeperi civarında sabit bir hıza sahip olduğundan biz de karanlık maddeyle kuşatılmış durumdayız. Spiral galaksi modelleri yeni bir bileşen kazandı: tüm yıldız kütlesinden altı veya yedi kat daha büyük kütleye sahip uzayan bir karanlık madde "halesi".[15]

Samanyolu bir trilyon Güneş kütlesi büyüklüğünde gizemli bir "şey" tarafından çepeçevre sarılmış haldedir. Vera Rubin'in belirttiği gibi, "Spiral bir galakside aydınlık maddeden on kat daha fazla karanlık madde bulunur. Bildiklerimizin bilmediklerimize oranı da muhtemelen bu kadardır. Bizler daha ilkokul üçüncü sınıftayız."[16]

GALAKSİ BİRLİĞİ

Spiral galaksiler görkemlidir. İhtişamlı dokuların ve zarifçe sarılan kolların amorf bir gaz bulutu üzerinde etkili olan küt-

leçekiminden doğduğuna inanmak zordur. On sekizinci yüzyılın sonlarında yaşamış düşünür ve teolog William Paley'nin tasarım savının cılız yankısını duyar gibiyiz. Paley'ye göre yolun kenarında bir saate rastladığınızda onun akıllı bir tasarımcının eseri olduğunu varsayarız, çünkü nasıl olur da başıboş güçler böylesine karmaşık ve incelikli bir şeyi ortaya çıkarabilirler diye düşünürüz.

Spiral galaksi saat değildir ama fevkalade etkileyicidir ve tek bir uzun erimli kuvvetin etkinliğiyle oluşamayacak kadar karmaşıktır. Leoparın o benekleri, daha doğrusu galaksinin o kolları nasıl elde ettiğine dair ne söyleyebiliriz? Spiral galaksilerin evrenin başlangıcından beri ortalıkta olmadığını düşünürsek onlar nasıl meydana gelmiş olabilirler?

Benim gibi gözlemci olmanın iyi yanlarından biri doğanın cömert olmasıdır. Her zaman dışarı çıkıp bir şeyler bulabilirsiniz. Herhangi bir büyük teleskopla gökyüzünün derin manzaralarını seyredebilir, binlerce galaksi bulabilir ve onları canınızın istediği gibi sayıp sınıflandırabilirsiniz. Kuramcıların işi bu kadar kolay değil tabii. Onlar şeylerin neden öyle olduğunu açıklamak zorundalar. Doğa zengin olsa da ketumdur ve mevcut evren her zaman kökenlerine dair güzelce düzenlenmiş kanıtlar sunmaz. Galaksilerin nasıl oluştuğuna dair sağlam bir fikir edinmek için on yıllarca araştırma yapmaya ihtiyaç duyduk.

1960'ların başında Samanyolu gibi spiral bir galaksinin büyük bir gaz bulutunun çökmesiyle oluştuğu öne sürüldü.[17] Bu yaklaşıma "yukarıdan aşağıya" yapı oluşumu adı verildi, çünkü büyük şeyler doğrudan doğruya ilk gazdan oluşur. Hale yıldızlar ve küresel yıldız kümeleri erken oluşum çağının donmuş "kalıntıları" iken, gaz hızlı dönen bir diske yerleşir ve uzaydan içeriye yağan yeni gazdan yıldız oluşturmaya devam eder. Hale içindeki küresel yıldız kümelerinin 13 milyar yıldan 3 veya 4 milyar yıla kadar uzanan geniş bir

yaş yelpazesine sahip olduğunu öğrendiğimizde yukarıdan aşağıya kuramı gözden düştü.

Alternatif teori ise "aşağıdan yukarıya" yapı oluşumudur. Bu senaryoda Samanyolu ve diğer spiraller daha küçük parçaların kozmik zaman içinde birleşmesinden oluşmuştur.[18] Aşağıdan yukarıya kuramı, zayıf etkileşim içindeki bir karanlık madde denizinin varlığındaki ilk düzgün koşulların yapıyı oluşturduğu gerçeğinden güç almıştır.

Spiral bir galaksiyi pişirmek hassas bir fırıncının dokunuşunu gerektirir. Bilgisayar simülasyonları galaksilerin nasıl oluşup evrildiğini anlamada büyük bir araç haline geldi. Bir galaksinin simülasyonunu yapmak için karanlık madde, yıldızlar ve gaz –bilfiil değil de mecazi olarak– bir bilgisayarın içine koyulur, kütleçekimi ve arkaplandaki kozmik genişleme devreye sokulur ve birkaç milyar yıl geriye gidilir. Karanlık madde, içinde yapının oluştuğu kaptır; yapışmaz, çünkü ışımayla etkileşime geçmez. Uzun bir süre simülatörler, gördüklerimiz kadar zarif ve ince spiral diskler oluşturmada güçlük çekmiştir. Küçük galaksiler zaman içinde sırayla birleştiğinde sonuç her zaman muazzam bir kabanklık olmuştur. Pişirme benzetmesine devam edersek, sanki küçük hamur parçalarından ince bir pizza yapmaya çalıştık ve sonuçta ortada büyük bir topak elde ettik.[19] Un (karanlık madde) her yerde, her şeyi kaplıyor. Tam bir karmaşa.

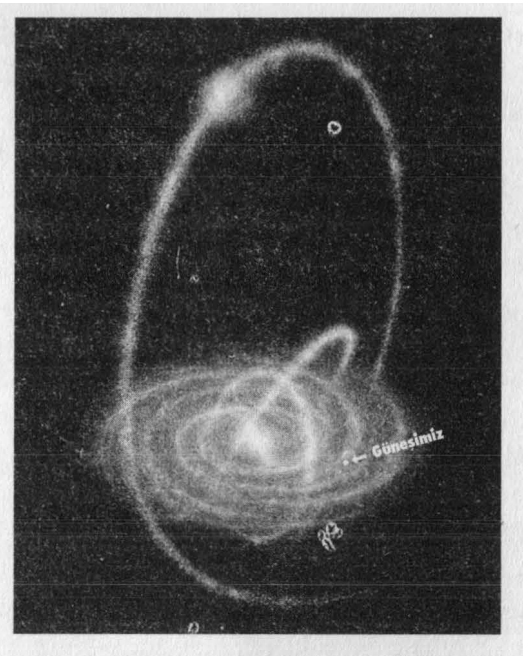
Geçtiğimiz birkaç yılda bilgisayarların gücü arttı ve simülatörler hem sıcak (oluşan yıldızlar) hem de soğuk (derin uzaydan düşen gaz) bileşenlerin üstesinden gelmek için sofistike algoritmalar buldular. İşte size galaksilerin nasıl oluşup evrildiğine dair son görüş. Galaksi küçük cüce galaksilerin ve serbest dolaşan gazın birleşiminden oluşur. Soğuk gaz galaksilerarası uzaydan bir galaksinin üzerine düzenli olarak aktıkça diskler muntazam şekilde oluşur, birleşmeler kabarıklıklar meydana getirir ve komşu bir galaksinin yakından geçişi çubukları yaratır. Spiral örüntüler oluşturmak hassas

bir dengeleme faaliyetidir. Küçük bir galaksiyle birleşmek spiral kolları bozabilirken, yakından geçen aynı küçük spiral kolların oluşmasını sağlayabilir. Yeni gaz uzaydan gelir ama disk de büyük yıldızların yaşam döngülerinden dolayı geri dönüşümden geçer ve gaz püskürtür. Spiral kollar geçici yapılardır ve galaksinin tarihi içinde bütün bir disk tekrar tekrar çeşitli kereler oluşabilir.[20]

Spiral galaksiler bu karmaşık tarihin bir kanıtını mı sunuyor? Evet! Bütün bileşenler tespit edilebilir. Şayet Samanyolu gibi büyük galaksiler küçük galaksilerle birleşerek oluşmuşsa çevrede çok sayıda cüce galaksi olmalıdır. Bizler Lokal Grup diye adlandırılan gevşek bir galaksiler topluluğu içinde yaşıyoruz. Bu topluluk 10 milyon ışık yılı genişliğinde ve bizimkiyle birlikte M31 ve M33 galaksilerini de içeriyor. Üç büyük spiralden ayrı olarak Samanyolu'nun kütlesinin milyonda birine sahip galaksilere kadar inen üç düzine cüce galaksi mevcut. Ayrıca büyük miktarda gaz olduğunu tahmin ediyoruz. Titiz bir ölçüm bütün galaksilerdeki bütün yıldızların oluşması için gereken gazın dört veya beş katının galaksilerarası uzayda mevcut olduğunu göstermektedir.[21]

Kütleçekimi geri kalan işi halleder. Bizim galaksimiz gökyüzünün güney kısmının ön plandaki yapıları olan komşulara sahiptir: Büyük ve Küçük Macellan Bulutları. Samanyolu'nun diski fötr şapka gibi bükülüdür ve modeller, bükülmenin cüce galaksilerin yakından geçişinden kaynaklandığını göstermektedir. 1994'te Samanyolu'nun yakınında cüce bir galaksi keşfedildi. Sagittarius adı verilen bu küçük galaksi Samanyolu'nun kutup yörüngesinin üzerindeydi ve şimdilerde diske dalacak gibi görünmektedir. Kütleçekimi tarafından parçalanıp "yenilmiştir" ama galaksimiz dağınık bir lokanta olduğundan, yıldızlar dışarıya doğru uzanır ve haleyi kat eden bir akıma karışır.

Geçen on yıl zarfında bu gelgit akımlarının bazıları Samanyolu'nun halesinde saptanmıştır (Şekil 6.5). Bir galaksinin cüce komşularını yediğini anlatan işaretleri gözlemek



Şekil 6.5. Samanyolu'nun bu şematik görüntüsü NASA'nın Spitzer Uzay Teleskobu tarafından bulunan üç yıldız "akımının" yerini göstermektedir. İç taraftaki iki akım muhtemelen bozulmuş küresel kümeler iken, dış kısımdaki komşu cüce bir galaksi tarafından parçalanıp onun yörüngesi boyunca dağıtılmış yıldızlardan oluşmuştur. Akımlar, Samanyolu'nun zaman içinde küçük parçaların birleşmesinden oluştuğunu gösteren işaretlerdir.

pek kolay değildir, çünkü yıldız akımları düşük yoğunluğa sahiptir ve zaman içinde dağılır. Hale üzerinde yapılan büyük çaplı yeni spektroskopik incelemeler gökyüzünün büyük bir alanındaki bütün yıldızların spektrumlarını saptayarak yıldız akımlarını bulgulamıştır. 2010'da Andromeda galaksisinin halesi içinde iki gelgit akımı bulundu, demek ki galaktik yamyamlık genel bir olgudur ve bütün galaksiler küçük parçaları yutarak büyümektedir.[22] Obur her zaman yemez ama önlüğündeki yemek izleri ve yüzündeki sos lekeleri iyi semirdiğini gösterir.

ORADA KİMSE VAR MI?

Karanlığın içinde çam ağaçlarının arasından geçip San Gabriel Dağları'nın sarp kayalık yamaçlarına doğru yürüdüm. Bu kayalıkları delta-kanatçılar çok sever ve havalanmak için kullanır. Aşağıda şehir ışıkları yanıyordu. Işıktan bir örtü San Bernardino'dan Santa Monica'ya kadar uzanan bir balık ağı gibi görünüyordu.

Los Angeles Bölgesi'nin nüfusu yaklaşık 10 milyondur. Her bir sakinin arabasında ve evinde 10 lamba yaktığını varsayıyorum, toplam 100 milyon lamba eder. Eğer her bir lamba bin yıldıza karşılık gelirse manzara Samanyolu diskinden pek de farklı görünmez. Şehir ışıklarına bakıp her bir ışığa eşlik eden hikâyeyi hayal ettiğimde, bir galaksinin akıl almaz enginliğini idrak ediyorum. Başımı gökyüzüne kaldırdığımda fazla bir şey görmüyorum. Birkaç düzine parlak yıldız kuyrukluyıldız takımlarını seçmek için yeterli bir örüntü sunmuyor. Karanlık bir gecede gözlem yapmaya hazırlanan Edwin Hubble'ı zihnimde canlandırabiliyorum. Pegasus Karesi zar zor seçilebiliyor ama doğru yöne baktığımdan emin olsam da Andromeda galaksisini görmeyi umut etmiyorum.

Küçük bir teleskopla onu ilk gördüğümde aklımdan tek bir düşünce geçti: Geçmişe dönüp bakan kimse var mı?

1961'de genç radyoastronom Frank Drake, Batı Virginia'da Green Bank gözlemevinde yapılan bir toplantı sırasında tahtaya bir denklem yazdı. Kendisi gerçek bir bilimsel disiplin olarak Dünyadışı Zekâ Araştırması (SETI) alanını kuran ilk kişidir. Drake denkleminin tartışmaya bir çerçeve çizeceğini umuyordu. Denkleminin popüler kültürde yerini alacağını aklının ucundan geçirmemişti. Drake denklemi Samanyolu'nda iletişime geçilebilecek zeki uygarlıkların mevcut sayısını tahmin etmemizi sağlıyor ve yedi sayısal değerin çarpımı bu uygarlıkların sayısını veriyor. Bu sayısal değerler ise şunlar: yıllık yıldız oluşma miktarı, bu yıldızlardan kaç tanesinin gezegene sahip olduğu, gezegene sahip yıldız

başına düşen toplam yaşama elverişli gezegenlerin ortalama sayısı, bu gezegenlerin arasında herhangi bir şekilde yaşama uygun bir ortamın oluştuğu gezegen sayısı, bu yaşama elverişli gezegenlerden kaçında zeki hayata geçildiği, bu tür uygarlıklar arasında varlıklarına dair uzaya tespit edilebilir sinyal gönderebilecek olanlar ve bu tür bir uygarlık tarafından uzaya gönderilen tespit edilebilir sinyalin süresi. Bu değerlerin çarpımı iletişim kurmayı umabileceğimiz uygarlıkların sayısını (N) verir.

Astronomik araştırmalar sayesinde ilk üç değeri bulmaya giderek daha fazla yaklaşıyoruz ama son dört değer hiç bilinmiyor. Drake denklemine epey kafa yorduktan sonra $N = L$ sonucuna vardı. Yani, iletişim kurabileceğimiz uzaylı uygarlıkların sayısı onların teknolojik evrede geçirdikleri zamana eşittir. Şayet iyimser bir tahminde bulunup bu zamanın binlerce yıl civarında olduğunu düşünürsek bol miktarda uzaylı dostumuz var demektir. Daha karamsar olan bazılarımız ise N sayısının, neredeyse bizi yalnız bırakacak kadar küçük olabileceği görüşündeler. Mesele uzun uzadıya düşünüp durarak veya tartışmaya girerek değil araştırma yapılarak çözülecek. Bu nedenle SETI araştırmacıları iyimser olmayı yeğliyor.

Galaksideki muazzam gayri menkul miktarını –yaşam kurabilecek yaklaşık bir milyar uydu ve gezegen– düşününce onların hepsinin ölü olduğuna veya hiçbirinin bizim gibi idrar ve sirkeyle dolu bir canlı türünü barındırmadığına inanmak bana zor geliyor. N değerinin 10 ya da 100 olması önemli değil, Dünya dışında sadece bir tane zeki uygarlık varsa, bu bile yeterince heyecan verici bir hadisedir.

Bizler büyük ihtimalle yalnız olmadığımız gibi ilk de değiliz. Galaksimiz 11 milyar yıldan beri yıldızlar ve onlara eşlik eden gezegenler meydana getiriyor. Kendi örneğimize bakıp (teknoloji sahibi bir türün evrilmesi yaklaşık 4 milyar yıl aldı) böyle bir sonucun pek muhtemel olmadığı kanısına varabiliriz. Fakat eğer bu süreç bu gezegende gerçekleştiyse

başka yerde de gerçekleşebilir ve yaşamın bizden 6-7 milyar yıl önce başlamış olabileceği Dünya benzeri gezegenlerin bulunduğunu söyleyebiliriz. O uzaylılar tanınamayacak kadar gelişmiş de olabilirler.

Bizim galaksimizde ne kadar uzaylı varsa ikiz galaksimiz M31'de de o kadar uzaylı vardır. Büyük olasılıkla birisi veya *bir şey* uzayın boşluklarından geriye bakıyordur. Şayet M31 galaksisindeki yabancı bir uygarlıktan ışıklı bir sinyal alırsam bu 2,5 milyon yıl öncesinden gelen bir mesaj olur.[23] O uygarlığın şimdi mevcut olması pek muhtemel değil. Belki de kısa bir süre için o sinyali gönderdi ve bilgi paketçiği 2,5 milyon yıl sonra ben yaşarken Dünya'ya ancak ulaşabildi. Elbette aynı şey benim için de geçerlidir. Benim Andromeda'ya göndereceğim bir sinyal oraya ancak 2,5 milyon yıl sonra ulaşabilir, ulaştığındaysa ben çoktan ölmüş olurum ve muhtemelen insanlar da artık yaşamıyor olurlar. Bunu düşünmek başımı döndürüyor.

Arka bahçemizde tanıdıklar bulmak istiyoruz. Birkaç düzine ışık yılı uzağımızda Dünya benzeri bir gezegen arıyoruz. Fakat eğer bir yaşam formu milyonlarca yıl süren bir kültür yaratmışsa galaksiler arası iletişim kurabilecek kapasiteye de sahiptirler. Andromeda kütleçekimiyle bize bağlıdır ve saatte 200.000 mil gibi baş döndürücü bir hızla bizim tarafımıza doğru ilerlemektedir. Yaklaşık 3 milyar yıl içinde bu iki yıldızın çarkıfeleği ve potansiyel "galaktik" federasyonu birleşecek. Hiçbir canlı türü bundan zarar görmeyecek çünkü yıldızlar arasındaki uzay öylesine geniş ki birleştiklerinde bile çarpışmayacaklar. Öte yandan o çok uzun gelecekte başka bir galaksinin yaklaşması hararetli bir tartışma konusu olacak.

* * *

Diske yaklaşırken yukarıya doğru düşüyorum gibi garip bir hisse kapılıyorum. Tepemdeki spiral görünmeyen iplerle beni çekiyor. Hiç mantıklı değil bu. Uzayda tüm yön duygusu yerel kütleçekiminden

kaynaklanıyor. Ne kadar uzun bir yolculuğa çıkmış olsam da eve dönüyorum. Disk büyüyerek görüş alanımı alabildiğine dolduruyor ve kabarıklık kenara kayıyor, sıcak sarı renkli bir kılıfa bürünmüş kocaman bir bulut gibi. İki spiral kolun arasında kaydığım için kendime bir yön bulmak amacıyla Orion ve Taurus'un yıldız kümelerinin işaretlerini arıyorum. Tanıdık bir şey görmeden önce diskin içine giriyorum ve her yanımdan yıldız geçiyor.

Tam önümde sönük sarı renkte bir yıldız var, yanında süt renginde bir gezegeniyle. Umutlu bir şekilde o gezegene bakıyorum ama boşuna. Orası Dünya değil. Ben neredeyim?

Etrafta dolanıp yolculuk ettiğim yönde geriye doğru bakıyorum. Uzakta, ulaşılamayacak kadar uzakta spiral bir galaksi beliriyor. Giderek kabaran bir panik dalgası içinde deli gibi dönüyorum. Bundan sıyrılarak düşüncemi gerçekte olduğum iç tarafa odaklamaya çalışıyorum. Hayalimdeki Dünya o. Hiç değişmemiş ve tanıdık görünüyor. Birdenbire bulut katmanlarının arasından düşüyorum ve insana benzer bir şey yok etrafta. Olduğumu sandığım yere ulaşmak 2,5 milyar ışık yılı tuttu. Savanlarda yaşayan maymunsu canlılar taştan yapılan ilkel aletleri kullanmayı öğrendiler ama beyinleri benimkinden üç kat daha küçüktü; Homo *soyu henüz yeryüzüne gelmemişti.*

Andromeda'ya doğru geri dönüyorum. Samanyolu'nun aynadaki görüntüsü gibi. Fakat onun kadar rahatlatıcı değil. Eğer o bizim galaksimizin görsel ikiziyse aşağımdaki gezegen de Dünya'nın görsel ikizidir. Ve eğer bakabilecek kadar cesaret toplarsam orada nasıl bir yaşam bulacağım ki?

7

KOZMİK YAPI

Eğer her yıldızın bir hikâyesi varsa inanılmayacak kadar çok hikâyeyle karşılaşıyorum. Önümdeki kümenin ucunda, yüzlerce galaksinin merkezinde devasa eliptik bir galaksi var. Bu galaksilerin çoğu düz ve pürüzsüz elipsler şeklinde. Çok ender oldukları için spiraller göze çarpıyor. Her biri 100 milyon yıldızdan oluştuğu halde bir benekten daha büyük görünmeyen binlerce cüce galaksi de mevcut. Bu, toplamda 1000 trilyon yıldız demek ve sadece onlara bakmak bile beni hayrete düşürüyor.

Öte yandan bu uzayı tamamlayan bir şey olduğunu biliyorum. Bütün bu yıldızları kolayca gölgede bırakacak bir ağırlığa sahip bir şey. Belki de bu sadece benim hayalimdir ama o şeyin inceden içime sızdığını hissediyorum. Uzaydan farklı bir şekle veya biçime sahip değil. Olduğu gibi.

Derken sihirli bir şey oluyor. İlk başta fark etmediğim bir şeye, dev galaksilere doğru gözlerim kayıyor. Nokta nokta yıldız oluşumlarıyla bezeli halde uzayıp giden galaksiler. Uzanmalar rastgele değil. Mavi galaksiler komşularına paralel uzuyor ve görünüşleri merkezdeki galaksinin çevresindeki halkalara doğru çekilen demir dolgular gibi. Uzaktaki büyük bir zekâ onları eşmerkezli dairelerin parçaları gibi düzenlemiş olabilir mi? Bütün bunlar şansın ve kör kütleçekim kuvvetinin ürünü olmayacak kadar düzenli ve planlı görünüyor.

EVRENİN GENİŞLEMESİ

Evren yumrulu olduğu için şükretmeliyiz. Bu bağlamda kütleçekiminin uyguladığı şekillendirici kuvvet olmasaydı biz de burada olmazdık. Evren sıcak bir gaz olarak hayatına başladı. Pürüzsüz ve gaz olarak kalsaydı basit ama sıkıcı bir yer olurdu. Evrenin nasıl evrildiğini anlamak için Edwin Hubble'a dönmek zorundayız.

Kendisiyle en son buluşmamızda Hubble Saman-yolu'nun evrende on milyonlarca ışık yılına yayılmış binlerce yıldız sisteminden sadece bir tanesi olduğunu bize göstererek cahilliğimizi yüzümüze vuruyordu. Tek başına bu bile onu tarih kitaplarına geçirmeye yeter. Ama bu kadarla yetinmedi. İkinci büyük keşfi sahneyi modern kozmolojiye açtı. Hubble evrenin genişlediğini keşfeden kolektif aklın bir öğesiydi ve galiba en önemli öğesi de değildi.[1]

1912'de Vesto Slipher, Lowell Gözlemevi'nde genç bir araştırmacıydı ve spiral nebulaların spektrumlarının fotoğraflarını çekmeye başladığı günlerde üniversiteyi bitireli üç yıl olmuştu. Andromeda nebulasının ışığının maviye kaydığını saptadı, bu nebula bize doğru geliyordu. Öte yandan neredeyse diğer tüm spiral nebulalar uzaklaşıyordu, üstelik şaşılacak hızlarda. 1915 geldiğinde Slipher 15 spiral nebulanın 11'inde kızıla kayma saptadı ve bulgularını Amerikan Astronomi Topluluğu'nun yıllık toplantısında sunduğunda coşkulu bir tezahüratla karşılandı.

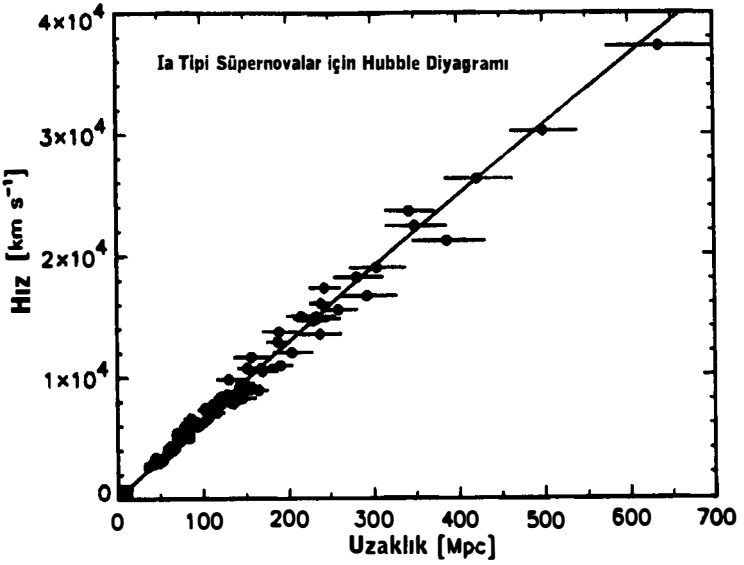
İki yıl sonra kızıla kayan 17 nebula saptadı ve uzaklaşmanın ortalama hızı saatte 1.500.000 mil (yani saniyede 700 kilometre) gibi baş döndürücü bir hızdı. Bu hızlar Samanyolu'ndaki herhangi bir yıldızın hızından o kadar büyüktü ki nebulaların galaksinin içinde olması akla aykırı geliyordu. Slipher şunları yazmıştı: "Spiral nebulaların çok uzak mesafelerde görünen yıldız sistemleri olduğu uzun zamandan beri öne sürülmektedir... Bana göre bu teori mevcut gözlemlerden destek alıyor."[2] Slipher bu satırları, Hubble'ın Andromeda'da

değişken yıldızları bulgulayıp ada evren meselesini çözmesinden sekiz yıl önce yazmıştı.

Slipher daha sonra 44 spiral nebulanın spektrumlarının yer aldığı bir katalog yayımladı ve kızıla kaymanın sonuçları 1920'lerde yaygın şekilde tartışıldı. 1924'te Karl Lundmark galaksilerin standart cisimler olduğunu varsayarak onların büyüklüğünden ve parlaklığından yola çıkarak uzaklıklarını buldu. Kızıla kaymanın karşısına uzaklığı koyunca, aralarında çok belirgin olmasa da bir ilişkinin bulunabileceğini düşündü. Sonraki önemli adımı ise Hubble attı; Slipher'in kızıla kayma bulgularını kullanarak galaksilerdeki Sefe değişkeni yıldızlarıyla ilgili daha güvenilir mesafe tahminleri yaptı. 24 spiral galaksi için ışınsal hız ile uzaklık arasında açık bir bağıntı veya doğrusal ilişki saptadı.[3] Hubble diyagramı denilen bu grafik modern kozmolojinin ünlü imgelerinden biridir. Doğrusal ilişkiye ise Hubble yasası adı verilir (Şekil 7.1).

Bu arada daha ziyade Avrupa'da gerçekleşen paralel bir gelişme doğrultusunda kuramsal fizikçiler Albert Einstein'ın öne sürdüğü kökten yeni bir kütleçekimi kuramının sonuçları üzerinde kafa yoruyorlardı. Genel görelilik kuramı kütle ve enerjinin yoğunluğu ile uzay-zaman eğrisi arasında bir bağlantı kuruyordu. Bu teori 1919'da gözlemlenen Güneş tutulması olayıyla doğrulandı. Nitekim Güneş'in uzak bir yıldızdan gelen ışığı tahmin edilen oranda eğdiği gözlemlendi. Einstein ile birlikte başkaları bu teorinin yalnızca lokalize kütleçekimi için değil, ayrıca bütün evrenin kütleçekimini tanımlamak için kullanılabileceğini hemen fark ettiler. Nasıl ki kara delik gibi yoğun bir yıldızın yakınında uzay-zaman eğiliyorsa, aynı şekilde bütün evrenin uzay-zamanı da evrendeki toplam maddenin hareketinden dolayı eğiliyor olabilirdi.

Einstein denklemlerini bütün bir evren için çözdü ama o zamanlar astronomlar evrenin topyekûn hareket etmeyen yıldızlardan oluşan büyük bir sistem olduğunu düşünüyor-



Şekil 7.1. Hubble yasası galaksilerde uzaklaşma hızı veya kızıla kayma ile uzaklık arasındaki lineer ilişkidir. Bu modern versiyon mesafe göstergesi olarak süpernovaları kullanır 600 milyon parsek (3,26 ışık yılı) veya 2 milyarı aşkın ışık yılı mesafesine kadar çıkar. Mesafe göstergesi olarak Sefe değişkenlerini kullanan Hubble'ın özgün ilişkisi diyagramın sol alt köşesinde küçük bir kutuyu doldurmaktadır.

lardı. Genel görelilik denklemleri yapıları gereği dinamiktir ve çözümler genişleme veya büzülme gibi yollara başvurma eğilimindedir. Einstein bu eğilimi bastırıp statik bir çözüm üretmek için çözümüne "kozmoloji sabiti" diye bir terim ekledi. Bu yüzden evrenin genişlediğini tahmin edemedi. Daha sonra bunu hayatının "en büyük hatası" diye addedecektir.[4] 1920'lerde hem Alexander Friedman hem de Georges Lemaître genel görelilik denklemlerine genişleyen çözümler buldu. Hubble 1929'da makalesini yazdığı sırada kızıla kayma ile uzaklık arasındaki doğrusal ilişki için bariz kuramsal bir bağlam vardı.

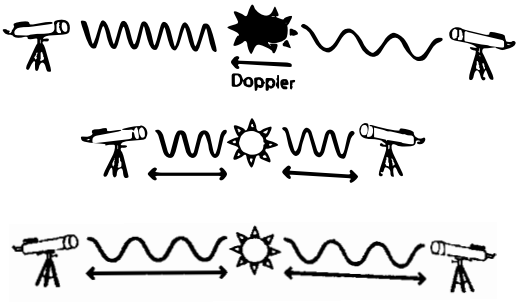
Biz genişleyen bir evrende yaşıyoruz.

Gözlemcilerin kuramı tam olarak anlamaları biraz zaman aldı. Einstein kozmolojiye gözlemsel bir temel sağladığından ötürü Hubble'a teşekkür etmek için 1931'de Wilson Dağı Gözlemevi'ni ziyaret ettikten sonra bile Hubble genel göreliliğin sonuçlarını kabul etmek konusunda sessizliğini koruyordu. Nitekim 1936'da "genişleme modelleri gözlemsel sonuçların zorlama bir yorumudur" diye yazmıştı.[5] Galaksilerin kızıla kaymasının Doppler kayması olmadığını anlamak Hubble veya bir başkası için zordu.

Gelin, itfaiye veya polis arabasının geçtiği bir yolun kenarında durmak gibi bilindik bir deneyimle işe başlayalım. Araba bize yaklaştıkça siren sesi yükselir ve bizden uzaklaştıkça alçalır. Ses bir frekanstır, dolayısıyla frekans artar ve azalır. Aynı şekilde, bir ses kaynağı olarak dalgalar bize yaklaşırken dalga boyu kısalır ve kaynak uzaklaşırken dalga boyu uzar. Bu olgu ilk kez 1842'de Christian Doppler tarafından tespit edilip açıklanmıştır.[6] Işık dalgaları için de aynı şey geçerlidir. Bize doğru yaklaşan bir ışık kaynağı durduğu haldekinden daha kısa dalga boyuna sahiptir: maviye kayma. Bizden uzaklaşan bir ışık kaynağı ise daha uzun dalga boyuna sahiptir: kızıla kayma.

Sezgisel açıklama şudur: Bir dalga kaynağı bize yaklaşırken kendi dalgalarına "yetişir", hareket yönünde onları iterek dalga boyunu kısaltır. Bizden uzaklaşırken ise kendi dalgalarından "kaçar" ve onları çekerek dalga boyunu uzatır.[7]

Astronomlar Doppler etkisine aşinaydı ve on dokuzuncu yüzyılın ikinci yarısından itibaren Samanyolu'ndaki yıldızların hareketlerini saptamak için bu etkiyi kullanıyorlardı. Ne var ki galaksilerin kızıla kayması kökten farklıydı, çünkü bu kaymaya yol açan şey uzayın genişlemesiydi. Samanyolu'nun içsel kütleçekimi onu oluşturan öğeleri bir arada tutar, bu nedenle galaksiler âlemine girmediğimiz sürece kozmolojik kızıla kaymayı gözlemleyemeyiz.



Şekil 7.2. Kozmolojik kızıla kayma Doppler etkisinden farklıdır. Uzay-zamanın genişlemesi bütün galaksileri birbirinden uzaklaştırırken, evrende yol alan ışık dalgalarının dalga boyunu uzatır veya kızıla kaydırır. Bu analoji tek boyutludur ama uzayda genişleme üç boyutlu gerçekleştiğinden genel göreliliğe göre eğiliyor olabilir.

Genel görelilikte kozmolojik kızıla kaymaya yol açan şey uzayın genişlemesidir. Bu tür kızıla kaymayı tanımlamak için herhangi bir cisme veya belli bir konuma atıfta bulunmak gereksizdir. Uzayın genişlemesi galaksileri birbirinden uzaklaştırıyor. Işık dalgaları genişleyen evrende yayılırken, genişlemeyle birlikte esnerler. Ne kadar uzağa giderlerse o kadar kızıla kayarlar (Şekil 7.2).

Gerçekten de bu bir gerilme veya esnemedir ve olayları açıklamakta bize yardımcı olabilir. Galaksileri, bir balonun yüzeyine yapıştırılmış boncuklar olarak düşünebiliriz. Balon şişirilince her bir boncuk diğerlerinden uzaklaşır. Genişleme oranını ölçtüğünüzde Hubble'ın elde ettiği, mesafe ile genişleme arasındaki lineer ilişkiye ulaşırsınız. Şimdi balona bir ışık dalgasını temsil etmesi için kıvrımlı bir çizgi çizin. Eğer balonu şişirirseniz dalgaların dalga boyu uzar veya gerilir. Kozmolojik kızıla kaymadır bu.[8] Galaksilerin uzayda yol aldığını düşünmeyin; bu bir balistik durum değildir. Doğrusu uzay genişliyor ve kendisiyle birlikte galaksileri taşıyor.

İlk bakışta Hubble diyagramı Kopernik zamanından beri astronominin temel ilkelerinden biri sayılan vargıyı, bizim uzaydaki konumumuzun özel bir yanı olmadığı vargısını ihlal ediyormuş gibi görünür. Şayet bütün galaksiler bizden uzaklaşıyorsa o zaman evrenin merkezi biz miyiz? Böyle olması şart değil. Hubble'ın bütün gözlemleri galaksilerin kızıla kaydığını ve en uzak galaksinin en fazla kızıla kaydığını göstermektedir. Genel görelilik kızıla kaymaya yol açan şeyin evrenin genişlemesi olduğunu ve genişlemenin yerel değil evrensel olduğunu söylüyor. Kendimizi uzak bir galaksiye nakledebilseydik, Samanyolu dahil bir dizi galaksinin uzaklıklarını ve kızıla kaymalarını ölçebilirdik ve bunun grafiğini yaptığımızda Hubble'ınkiyle aynı doğrusal ilişkiyi bulurduk. Belki de uzaktaki bir uzaylı bunu gerçekten yapmış ve –muhtemelen bizim telaffuz edemeyeceğimiz– kendi adını taşıyan bir yasayı gururla ilan etmiştir.

İnsan kültürlerinin çoğunda ve bilimsel gelenekte yirminci yüzyıla kadar, evrenin ezeli ve ebedi olduğu düşünülmüştür.[9] Fakat eğer galaksiler birbirlerinden uzaklaşıyorlarsa bu da onların birbirlerine daha yakın oldukları bir zamanı ima eder. "Saati geriye sarıp" daha küçük ve daha yoğun evrene zamanda yolculuk yaptığımızı hayal edebiliriz. Şimdiki genişlemeden bütün galaksilerin üst üste olduğu zamana uzanan bir projeksiyona dayalı basit bir hesap yapacak olursak, evrenin yaşına dair kaba bir tahmine ulaşabiliriz: Dünya'nın yaşının yaklaşık üç katı, yani 14 milyar yıl.

Eğer evrenin bir başlangıcı var idiyse o zaman onun nasıl başladığını sormak geçerli bir bilimsel sorudur. Sabırlı olun, zamanda yolculuk bizi ta oralara götürecek.

BÜYÜK ÖLÇEKLİ YAPI

Kökenler sorusuna daha sonra döneceğiz, ama Hubble'ın çalışması galaksilerin incelenmesine adanmış yeni bir disiplini

doğurdu. Astronomlar galaksileri daha isabetli saymaya, hareketlerini ölçmeye ve özelliklerini anlamaya başladılar.

Keşifler Çağı'nda haritacılar dünyanın haritasını ilk kez çıkarmışlardı. William Herschel de on sekizinci yüzyılın sonuna doğru Samanyolu'nun haritasını çıkarırken benzeri bir keşif duygusuna kapılmıştı. 1930'lardan itibaren astronomlar yeni galaksiler keşfettiler. Bu dinamik evreni incelerken bizim uzayda sıradışı veya özel bir yer işgal etmediğimiz, çevremizde gözlemlediğimiz bölgenin "iyi bir örnek" olduğu ve evrenin her yerinde aynı fizik yasalarının geçerli olduğu varsayımıyla hareket ediyorlardı. Dünyanın ilk haritacıları da aynı durumdaydılar. Kendileri harikulade bir kumsalda yaşarken dünyanın geri kalanının orman veya bataklıktan ibaret olduğunu varsaymıyorlardı. Kendi ülkelerinin başka yerlerde karşılaşabilecekleri özellikler için iyi bir örnek oluşturduğu kanısındaydılar. Ayrıca dalgaların, bulutların ve coğrafi süreçlerin her yerde aynı olduğunu varsayıyorlardı.

Bu varsayımlar kümesine kozmolojik ilke adı verilir. Usulen, yeterince geniş bir ölçekte baktığımızda evren bütün gözlemcilere aynı gözükür. Bunun sonucu olarak, siz kim olursanız olun ve nerede bulunursanız bulunun evren aynıdır.

Bu meseleye biraz dalmakta fayda var, çünkü kozmolojik ilkenin felsefi sonuçları var. Temel düzeyde biz evrenin bilinebilir olduğunu ve rasyonel fizik yasalarına uyduğunu varsayarız. Eğer böyle olmasaydı bilim işlemezdi.[10] Bizim ayrıca bir "gözlemci" kavramına, geniş çevresini ölçüp üzerinde düşünebilecek akli bir varlığa ihtiyacımız var. Bir baykuş gökyüzüne baktığında bizim gördüğümüzden daha fazla yıldız görür, ama onun gözünde yıldızlar yön tayini aracı olmanın ötesine geçmeyen ışık noktalarıdır. Yunuslar akıllı canlılardır ama su ortamında yaşadıkları için asla astronom olamazlar. Biz insanların ise büyük beyinlerimiz ve teknolojimiz var, bu sayede evrendeki yerimizi anlayabiliriz. Belki uzayda bir yerlerde süper gözlemciler, sadece konsantre olarak bir yıldız-

dan diğerine zıplayabilen ve uyurken genel göreliliği halledebilen uzaylılar vardır. Gözlemci olmak için Evrenin Efendisi olmak gerekmez, sadece "yeterince akıllı" olmak kâfidir.

Bununla beraber doğru yerde olmanız gerek. Arthur Eddington'a göre, şayet bizler Venüs gibi yoğun bulutlarla örtülü bir gezegende yaşıyor olsaydık kütleçekimi bilgimiz sayesinde hiç görmediğimiz yıldızların varlığını çıkarsayabilirdik. Bu sav tartışılır ama onu kabul etsek bile, bizi uçsuz bucaksız ve genişleyen bir evrende yaşadığımız sonucuna götürecek fiziksel bir sezgi kesinlikle yoktur. Galaksileri hiç görmeden yaşayabileceğimiz başka yerler de var: galaksinin merkezi, küre biçimli bir yıldız kümesinin içi, bir kara deliğin olay ufkunun yanı başı... Bu bizim kör talihimiz mi? Evrenin bize oyun oynamayacağını veya bizi kandırmayacağını düşünmek saflık mı olur?

Öte yandan kozmolojik ilke bir inanç kaidesi değildir; sınanabilir tahminler yürütür: izotropi ve homojenlik. Bunlar aynı zamanda genel görelilik kuramında genişleyen evren çözümlerinin de özellikleridir.[11]

İzotropik "her yönde aynı" demektir. *Homojen* ise "her yerde aynı" demektir. İki adet planlı yerleşim düşünelim. Her ikisinde de aynı tipte evler inşa edilmiş olsun. Bu yerleşimlerden birinde yollar ızgara şeklinde yani birbirlerini dik kesecek şekilde tasarlanmış olsun. Bu yerleşim *homojendir*, çünkü neresinde olursanız olun size aynı görünür; ama yollar sadece belli yönlere baktığından yerleşim *izotropik* değildir. Diğer yerleşimde ise sokaklar daire şeklindeki bir parkın çevresine sıralanmış eşmerkezli çemberler olarak tasarlanmış olsun. Merkezdeki parkta durup çevrenize baktığınızda yerleşimin izotropik olduğunu görürsünüz, çünkü hangi yöne bakarsanız bakın yerleşim aynı görünür; fakat yerleşim homojen değildir, çünkü sokakların kavisi sizin merkeze olan uzaklığınıza bağlıdır. İzotropi olmadan homojenlik, homojenlik olmadan izotropi olabilir. Şimdi üçüncü bir yerleşim hayal edip, geniş bir araziye evlerin gelişigüzel dağıldığı

bir gecekondu bölgesi düşünelim. Herhangi bir noktadan veya yönden baktığınızda göreceğiniz şey aşağı yukarı aynıdır. Evlerin galaksilere benzediği bu yerleşim –bir an için onun iki boyutlu olduğunu varsayarsak– evrene çok uymaktadır.

Gerçek evren tamı tamına değil de yaklaşık olarak homojen ve izotropiktir. Gökyüzüne bir yönde baktığımızda gördüğümüz galaksileri başka bir yönde görmüyoruz ama ortalama olarak parlak, sönük ve diğer türlerdeki galaksilerin sayıları aynı. Ve orta büyüklükteki bir spiral galaksinin diskindeki spiral koluna yakın konumumuz bir hayli özel olsa da kesinlikle sıradışı değildir. Şayet M31 galaksisinde veya başka herhangi bir galakside benzer bir konumda olsaydık evren az çok aynı görünürdü. Homojenliği saptamak izotropiyi saptamaktan zordur. Teleskopu farklı yönlere çevirerek izotropiyi sınayabiliriz. Ne var ki homojenliği sınamak için evrenin aynı şekilde görünüp aynı şekilde hareket ettiğinden emin olmak amacıyla uzak galaksilere yolculuk etmek zorunda kalırdık. Benzetme yapacak olursak, büyük bir ormanın içinde dikilip "Ne yöne bakarsam bakayım aynı görünüyor" diyebilirsiniz veya aynı olduğundan emin olmak için her tarafı dolaşmak gibi zorlu bir işe soyunabilirsiniz. Homojenlik ve izotropi Kopernik ilkesine uyar.

Kozmoloji garip bir öncüle dayanır. Görünmeyen ve genişleyen uzay-zamanı ölçmek, kümeler halinde topaklanan ve pütürsüzlükten uzaklaşan, dolayısıyla kozmoloji ilkesini ihlal eden galaksilerin yerini saptamaya bağlıdır. Topakları hesaba katmazsak yemeğin sosu pütürsüzdür. 1930'larda Hubble ve Shapley birbirlerinden bağımsız şekilde tıpkı Herschel'in 150 yıl önce Samanyolu'ndaki yıldız dağılımını haritalandırması gibi galaksi dağılımını haritalandırdılar. Her ikisi de uzayda normalden daha yoğun olan galaksi "bulutlarının" veya kümelerinin olduğu bölgeleri buldu. Başak Takımyıldızı yönünde büyük ve seyrek bir galaksi kümesi var, bir benzeri de Fornax yakınındaki gökyüzünün

güney tarafında bulunuyor ve Saç (Coma) kümesi tarafında da daha sönük ama çok yoğun bir küme var. Galaksiler kozmolojinin temel öncülünün öngördüğü gibi homojen veya gelişigüzel dağılmış değildir.

Bu fotoğrafik incelemelerde şu sonuca varılmıştır: Galaksilerin yaklaşık yüzde 70'i spiral veya düzensiz ve yüzde 30'u düz, kırmızımsı ve şekil olarak yuvarlak ya da elipstir. Hubble ve onun uzun süreli çalışma arkadaşı Milton Humason en yoğun bulutlar veya kümelerde daha çok eliptik galaksiler bulunurken, spiral galaksilerin çok sayıda yakın komşuya sahip olmayıp daha genel bir dağılım sergiledikleri yönünde çarpıcı bir gözlem yaptı. Humason'un şahsi hikâyesi pek alışılmadık ve ilham verici türden. Liseyi terk edip dağlara sevdalanır ve bir traktör şoförü olarak iş bulup yeni gözlemevinin inşaatı için Wilson Dağı'na malzeme taşımaya başlar. Daha sonra binada kalmaya devam edip hademe olur. Gözlemleme işini çabucak öğrenince geceleri çalışan yardımcılığa terfi eder. Gözlemevinin müdürü George Ellery Hale onun yeteneğini fark eder ve birçok görevlinin karşı çıkmasına rağmen onu kadroya alır. Hubble'ı ünlü yapan gözlemlerin çoğu, lise diploması olmayan bir adamın titiz katkıları sayesinde gerçekleşmiştir.

Bir keresinde Pasadena'da Hubble ve Humason'un çalıştığı Carnegie Gözlemevi'ndeki fotoğraf arşivini dolaşmıştım. 1930'lar ve 1940'lara ait fotoğraf materyallerine, birkaç milimetre kalınlığında ve albüm kapağı büyüklüğündeki plakalara bakarken, arşiv görevlisi şekilleri ve ilginç galaksileri gösteriyordu. Plakalar, diğer türlü şeffaf cam tabakalara serpilmiş olması gereken siyah galaksiler ve yıldızlarla dolu negatifleri içeriyordu. Bazı plakalarda uzamış, puslu ya da şu veya bu şekilde kusurlu negatifler vardı. Rehberim kusurlu olanları göstererek, buruk bir gülümsemeyle, "Onlar Hubble'ın çektikleri" dedi. "Humason teleskopu hareket ettirmekle meşgulken o elinden geleni yaptı."

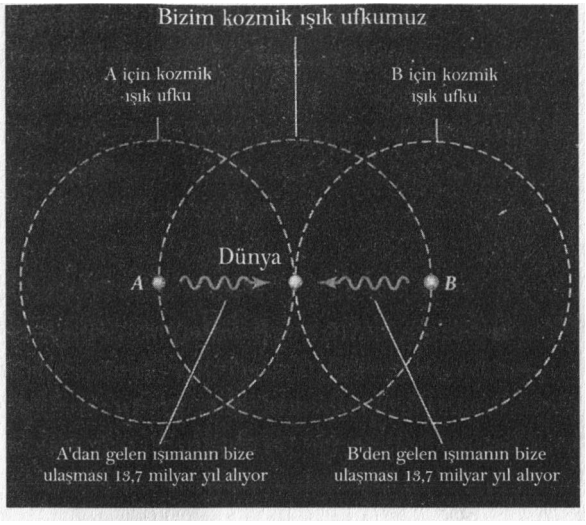
1948'de 5 metrelik büyük Hale teleskopu Palomar Dağı'nda ilk ışığı gördü. Bu teleskopun yanında, gökyüzündeki büyük sarmalların görüntülerini almak üzere tasarlanmış ve birincisi kadar tanınmayan 1,2 metrelik bir teleskop daha vardı. Bu küçük teleskop on yıldır gökyüzünün mavi ve kırmızı ışık içindeki bütün kuzey bölgesini haritalandırıp 1874 fotoğraf plakası çıkarmıştı. Peary'yi Kuzey Kutbu'na, Byrd'i de Güney Kutbu'na gönderen The National Geographic Institute araştırmaya mali kaynak sundu. Gece gökyüzünü haritalandırmak haritacılık tarihinde bir başka destansı köşetaşıdır.[12] Bu yeni ve güçlü kaynağı kullanan George Abell 4000 galaksi kümesi listeledi. Plakalara bakan herhangi biri galaksi dağılımındaki yapıları ve örüntüleri görebilirdi.

Ama manzara eksikti. Görüntüleme çalışmaları üçüncü boyutun derinliğini yakalayamıyordu.

Kocaman bir ormanın içindesiniz. Ağaçlar seyrek dağıldığı için epey uzağı görebildiğinizi düşünün. Çevrenize baktığınızda orman her yönde aşağı yukarı aynı gözükür ve yanınızdaki ağaçlar uzağınızdakilerle aynıymış gibidir: Bu kozmolojik ilkedir. Fakat ormanın uzak bölgelerini seçemezsiniz. Daha önemlisi, kendi dairesel ufkunuzun tek boyutuyla sınırlı kalırsınız (Şekil 7.3).

Şimdi siz aynı ormanın üstünde uçan bir helikopterdesiniz. Ormanın şekli, büyüklüğü ve ağaçların türlerindeki ve sıklığındaki değişimler önünüzde bir harita gibi uzanıyor. Eğer, sözgelimi orman boyunca ağaçlar küçük daireler içinde dikilmiş olsaydı yerde durarak onları saptamak imkânsız olurdu ama havadan kolaylıkla görünürlerdi. Ormanın gizli örgüsü ilave bir boyut katıldığında aşikâr hale gelir.

Aynı şey evren için de geçerlidir. Derinlik duygusu olmayınca her şey göksel kürenin üzerinde sıkışır. Gökyüzünde komşu olan galaksiler aslında birbirlerine çok uzak mesafelerde olabilirler ve üç boyutlu evrende birbirinden uzak galaksilerin yan yana durmaları fiziksel bir bağlantı olduğu



Şekil 7.3. Evreni nasıl gördüğümüz uzaydaki konumumuza bağlıdır ve ışığın evrenin yaşı süresince, yani yaklaşık 13,7 milyar yılda alabileceği yolla sınırlıdır. Görüş alanımızın ucuna kozmik ufuk denir. A ve B Galaksileri Dünya'dan zıt yönlerdeki ufkumuzun ucunda bulunuyor. Bu galaksilerin herhangi birindeki bir gözlemci Samanyolu'nu ufkunun ucunda görecektir.

yanılsaması yaratabilir. (Aynı şey takımyıldızlar için de geçerlidir; bu yıldızlar genellikle uzayda oldukça dağınık konumlanmışlardır.) Hubble mesafe ölçümü için Sefe değişkenlerinin kullanılmasında öncülük etmiştir ama onlar ancak en yakın birkaç düzine galakside ayırt edilebilmektedir.

Çözüm: Mesafeyi temsilen kızıla kaymayı kullan. Kozmik genişleme mesafe ile kızıla kayma arasında doğrusal bir ilişkiyi ima ediyor. Öyleyse bir galaksinin kızıla kayma oranını ölçtüğünüzde –bir spektrumla kolayca yapabilirsiniz– mesafeyi çıkarsayabilirsiniz. 1970'lerde astronomlar galaksilerin kızıla kayma oranlarına ilişkin bilgileri toplamaya ve bu sayede üç boyut içindeki konumlarını saptamaya başladılar.[13] Bir bölgedeki bütün galaksilerin kızıla kayma oranlarını ölçmek zor

işti, bu nedenle araştırmalar genellikle Dünya'nın dönüşünü takip eden bir gökyüzü kesitini taradı. Sonuç "evren dilimleri" oldu. İlk başta, haritalar üç boyutlu yapının omurgasını resmeden birkaç düzine galaksiyle basmakalıp nitelikteydi. Gelişen teleskoplar, spektrograflar ve dedektörler gökyüzünün büyük ölçekte taranmasına olanak tanıdı. Sloan Digital Sky Survey yakın zamanda yaklaşık bir milyon galaksinin kızıla kayma oranını saptadı.[14]

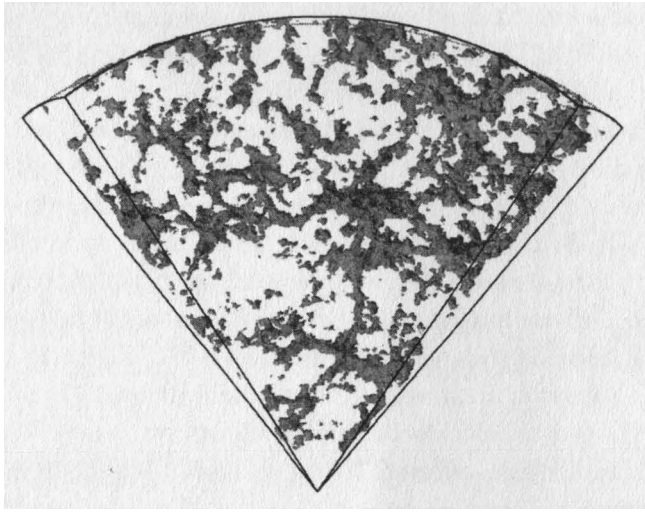
Astronomlar üç boyutlu haritalarda gördükleri şeyleri tarif etmek için metaforlara başvurdular. Söz konusu olan ölçekler çok büyük olduğundan mutfağın rahatlığına ve aşinalığına sığındılar. Gökyüzü düzleminde galaksi dağılımına baktığımızda, kızıla kayma olmadığında kümeler, tekil galaksilerin sosunun üzerinde yüzen köfteler gibi görünüyordu. Bir öğe olarak kızıla kayma eklenince yapılar arasındaki bağlantı açığa çıkıyordu. Bazı araştırmacılar lineer yapıları gördüler ve bu yapılar onlara bir spagetti örgüsü gibi geldi. Mutfak karmakarışık bir hal alınca diğer araştırmacılar ortalığı derleyip toplamaya koyularak, tıpkı bir süngerdeki gibi birbirleriyle bağlantılı eşit hacimdeki yapılara ve boşluklara dikkat çektiler. Bazı boşluklar çok büyüktü ve kabarcıklı sabun köpüğünü akla getiriyordu; andığımız araştırmacılar galaksilerin kesişen sabun köpüğü katmanlarıyla sınırlı kaldığı bir model önerdiler.

Kim haklıydı peki? Bütün şefler bir dereceye kadar haklıydı.[15] Büyük ölçekli bir yapının topolojisi girifttir ve basit tanımları kaldırmaz. Bugün araştırmacılar tarafından kullanılan en iyi metafor "kozmik ağ"dır. Aralarında boşluklar bulunan galaksiden duvarlar ve iplikler var ve yapıların kesiştiği yerlerde galaksi kümeleri bulunuyor. Çok az sayıda galaksi sahiden izole olmuş durumda. Birkaç milyon ışık yılından birkaç yüz milyon ışık yılına kadar uzanan ölçeklerde yapıyı doğru şekilde tarif eden sayı –oransal kırılma boyutu– 1,7'dir ya da oransal kırılma boyutu 1 olan ipliğimsi ile 2 olan yaprağımsı arasında bir yapıdan söz edilebilir.[16]

Kızıla kayma araştırmaları hayret verici bazı yapıları ortaya çıkardı: 550 milyon ışık yılı genişliğinde süper küme veya kümelerin kümesi, bir milyar ışık yılı genişliğinde muazzam bir boşluk ve 1,4 milyar ışık yılı genişliğinde galaksi duvarı.[17] Jonathan Swift'in belirttiği gibi, "bir pirenin üzerinde ondan beslenen daha küçük pireler bulunur ve bu pirelerin de üzerinde onlardan beslenen daha da küçük pireler ve bu sonsuza değin böylece *sürüp gider.*" Astronomlar bu ilerlemenin bir fraktal gibi sonsuza değin büyüyerek gidip gitmediğinden endişe duyuyorlardı. Neyse ki daha geniş kapsamlı araştırmalar, kozmolojik ilkenin 300 milyon ışık yılını aşan ölçeklerde geçerli olduğunu ortaya koydu. Başka bir deyişle, evrenin 300 milyon ışık yılı genişliğindeki herhangi bir "topağı" hemen hemen aynı görünür ve diğer topaklarla aşağı yukarı aynı sayıda galaksi barındırır. 300 milyon ışık yılı genişliğinden daha küçük yapıları seçemeyen adamakıllı bulanık görüşe sahip biri için evren düz ve yekparedir (Şekil 7.4).

Galaksiler genişleyen uzay-zamanın çatlak göstergeleridir. Kütleçekimi onları bir araya getirir; bir galaksinin bulunma ihtimalinin en yüksek olduğu yer başka bir galaksinin yanıdır. Galaksilerin kümeleşmesi hem hareketlerinde hem de konumlarında görülebilir, çünkü galaksiler uzay içinde toplaşırken kütleçekimi kuvveti onların hareketlerini hızlandırır.

Astronomlar evrenin üç boyutlu yapısının haritasını çıkarmak için kızıla kayma olayını kullanmaya başladıklarında Hubble yasasından sapmalara rastladılar. Hubble'ın mesafe ile ışınsal hız (veya kızıla kayma) arasında kurduğu doğrusal ilişki aslında genişleyen evrenle ilgili bir önermedir. Galaksiler komşularını çeker ve kütleçekiminin etkisi, onlara sürekli olarak, genişleyen evrenin yol açtığı hareketten farklı bir hareket bileşeni kazandırır. Astronomlar buna "özgün hız" derler ve onların bozulmamış Hubble akımına nasıl burun kıvırıp ondan saptıklarını hayal edebiliriz.



Şekil 7.4. Gökyüzünün bir "dilimindeki" galaksilerin üç boyutlu dağılımını gösteren ve kızıla kayma araştırmasıyla yapılan harita. Bu resimde biz dilimin en ucunda, 2 milyar yıl kadar dışarı taşan bir noktada bulunuyoruz. Gri bölgeler bu hacmin içinde galaksilerin bulunduğu yerin pütürsüzleştirilmiş temsilleridir. En büyük yekpare yapı Büyük Sloan Duvarı bir milyarı aşkın ışık yılı uzunluğundadır ve dilimin neredeyse yarısından sonra dışa çıkıntı yapmaktadır. (Veriler: Anglo-Australian Two-Degree Field araştırması ve Sloan kızıla kayma araştırması.)

Eğer uzayın bir bölgesindeki kütleçekimi yeterince güçlüyse bu bölgedeki madde Hubble genişlemesinin dışına atılır. Galaksiler ve onların içindeki her şey kendi kütleçekimleriyle bir arada tutulur, dolayısıyla genişlemezler. Biz Andromeda'nın kucağına doğru paldır küldür koşuyoruz ve diğer türlü bizi uzaklaştıracak kozmik genişlemeye burun kıvırıyoruz. Yoğun kümeler de galaksilerin karşılıklı kütleçekimiyle içeride tutuldukları bölgeler olarak görünüyor. Eğer bu doğruysa onların hareketlerindeki yayılma kümenin "ağırlığını" ölçmek için kullanılabilir. 1933'te Caltech (California Teknoloji Enstitüsü) astronomu Fritz Zwicky Saç Takımyıldızı yönündeki en yakın büyük kümede bulunan galaksile-

rin kızıla kayma oranlarını ölçtü ve onların şaşırtıcı ve endişe verici bir hızla hareket eden telaşlı böceklerin oluşturduğu bir buluta benzediğini bulguladı.

Böylece büyük bir kara sinek kozmologların midesini bulandırmaya başladı.

KARANLIK MADDE

Karanlık maddeyi dünyaya kabul ettiren adam zeki, ileri görüşlü, gururlu ve inatçıydı. Fritz Zwicky Bulgaristan'da doğdu ve meslek hayatının büyük kısmını Güney California'daki California Teknoloji Enstitüsü'nde geçirdi. Kendisi, hiç adını duymadığınız en meşhur astronomdur.

Zwicky kozmik ışınlar adı verilen, uzaydan gelen son derece yüksek enerjili parçacıkların gizemine kafa yoruyordu ve onların ancak ölen bir yıldızın patlamasından sonra çevreye saçılmış olabileceğine karar verdi. *Süpernova* terimini buldu ve en fazla süpernova keşfeden astronom oldu. Bir süpernovadan geriye, bozulmamış nötron materyalinin aşırı yoğun çekirdeğinin kalacağını düşünüyordu. Kuramcılar önce bu fikri küçümsediler ama sonra doğru olabileceğini düşündüler ve otuz yıl sonra pulsarlar keşfedildi. Zwicky Palomar Dağı'ndaki 1,2 metrelik teleskopunu kullanarak abidevi bir katalog çıkardı. Bu kataloğun içinde yüzlerce yıldız kümesinin bulunduğu on binlerce galaksi vardı. Zwicky büyük galaksilerden çok daha fazla cüce galaksi olduğunu doğru tahmin etmişti. Öte yandan düşünceleri kusursuz değildi, kütleçekimi, evrenin yaşı ve kızıla kayma konularında tuhaf fikirleri vardı.

Ben Caltech'te doktora sonrası araştırma yapıyordum ve Zwicky öleli yıllar olmuştu ama hâlâ bir efsaneydi. Kıdemli astronomlar onun sivri dilinden çok çekmiş olsalar da hakkında özlem dolu hikâyeler anlatıyorlardı. Ahmaklığa asla katlanamazdı ve müthiş garezler beslerdi. Meslektaşlarından biri onun tarafından öldürülmekten korkuyordu. Bölüm baş-



Şekil 7.5. Saç Kümesi Dünya'dan 320 milyon ışık yılı uzaklıkta ve çoğu cüce olan on binlerce galaksi içeriyor. Kümenin kenarlarında birkaç parlak spiral ve merkeze yakın iki büyük elips var. Küme içinde hızların veya kızıla kaymanın dağılımı öyle büyük ki, görünmeyen bir madde türü kümeyi bir arada tutuluyor olsa gerek.

kanı onu "kendini beğenmiş ve çok bencil" diye niteliyordu. Galaksi kataloğunun önsözünde meslektaşlarının isimlerini anıp onları fikirlerini çalmakla suçluyor ve "hırsızlar" ve "yalakalar" diye aşağılıyordu. Bir keresinde şöyle demişti: "Astronomların hepsi soysuzdur. Onlara hangi açıdan bakarsanız bakın soysuz olduklarını görürsünüz."[18]

Zwicky, Saç Kümesi'ndeki galaksilerin ışınsal hızlarını kullanarak bu kümenin kütlesini ölçtü ve bunu bütün galaksilerin ışığını toplayarak bulduğu yıldız kütlesiyle karşılaştırdı (Şekil 7.5). İlk sonuç ikincisinden 10 kat büyük çıkınca şaşırdı. Saç kümesinin beklenmedik ölçüde büyük kütlesi için öne sürdüğü dört açıklamanın dördü de astronomların hoşuna gitmedi. Belki de fizik yasaları Saç Kümesi'nde farklıydı veya bu küme sıradışı yıldızlardan oluşuyordu. Belki-

de söz konusu küme kütleçekimiyle henüz nihai düzenine kavuşmamıştı, dolayısıyla hızlar kütlenin doğru bir yansıması değildi. Sonuçta kümenin kütlesinin yüzde 90'ı görünmüyor olabilirdi. Zwicky son kavramına "karanlık madde" adını verdi.

Sonraki çeyrek asırda ilk üç seçenek ihtimal dışı kaldı. Fizik yasalarında veya yıldızların yapısında değişim olduğunu gösteren herhangi bir kanıta rastlanmadı ve Saç Kümesi düz ve küreseldi, dolayısıyla Zwicky'nin ilk kütle hesaplamasının doğru olduğu anlaşıldı. Sonra Vera Rubin'le beraber başkaları spiral galaksilerin görünür madde tarafından bir arada tutulamayacak kadar hızlı döndüğünü kanıtladılar ve Zwicky'nin özgün makalesi raflardan indirilip yeniden okundu. Karanlık madde meselesinin neden 40 yıldır ihmal edildiğini anlamak kolaydır. Astronomlar verilen mesajdan hoşlanmadılar ve çoğu da mesajı vereni öldürmek istiyordu (Zwicky'yi gerçekten öldürmek istemiş olabilirler).

1980'lerde hiç kimse ona dair bir fikre sahip olmasa da karanlık madde kozmolojinin gündeminde kaldı. Spiral galaksiler masif karanlık halelerin içine gömülmüştü ve aynı şeyin elips şeklindeki galaksiler için de geçerli olduğu biraz daha güçlükle de olsa kanıtlandı. Simülatörlerin, verileri doğru oranlarda bilgisayara geçirmesi gerekiyordu, yoksa gözlemlediğimiz evrene benzer bir şey yaratamazdık.

Zwicky ve onun çetin fikirlerinin son intikamı ölümünden birkaç yıl sonra 1979'da kütleçekimsel mercek etkisinin keşfedilmesiyle gerçekleşti.[19] Zwicky galaksi kümelerinin ışığı eğecek kadar büyük olduğunu anlamıştı ve bu durum genel göreliliğin temel tahminiyle de uyuşuyordu. Işığın eğilerek sapması ve hatta büyümesi görelilik kanıtı ve karanlık maddeyi araştırmanın yeni bir yolu olacaktı. Hubble Uzay Teleskobu ile elde edilen taze görüntüler zengin bir kümedeki eski kızıl galaksilerin, kümenin çekirdeği etrafında eşmerkezli daire parçaları gibi konumlanmış minik mavi ışık yaylarıyla

kuşatıldığını gösteriyordu. Her mavi yay arkaplandaki galaksinin bükülmüş ve büyümüş bir görüntüsüydü. Uzak galaksiden gelen ışık küme içinde ve etrafından çeşitli yollar izleyebilir, bu nedenle tek bir cisim kümenin iki yanına oturan farklı görüntülerle bir serap yaratabilir.[20] Bazı durumlarda arkaplandaki galaksilerin yüzlercesi, kütleçekiminin sihirli aynasıyla bu şekilde bükülebilir.

Işığın bu optik deneyi gerçekleştirmesi çok uzun zaman alır. Arkaplandaki mavi galaksi 5 veya 6 milyar ışık yılı uzaklıkta olabilir. Onun ışığı daha Dünya oluşmadan o galaksiyi terk etmiştir. Yol boyunca kütleçekimi fotonlara çelme takıp hafifçe kımıldatır. Fotonlar her yönde yol alırlar ve sadece ufak bir kısmı benim bir gün var olacağım yere ulaşır. Bu yolculuk fotonların Saç Kümesi'yle karşılaşmasına değin 5 milyar yıl süren düzgün ve neredeyse doğrusal bir yolculuktur. Fotonlar Saç Kümesi'nin karanlık maddesinin yol açtığı uzay-zaman eğilmesini takip eder. Güzergâhlarının dördü küme çevresinde eğilir ve ondan sonra, fotonlar canlıların henüz denizlerden çıkıp karaya doğru süründüğü Dünya'ya doğru yol alır. Aradan birkaç yüz milyon yıl geçtikten sonra fotonlar astronomların tam zamanında kurdukları bir teleskoba ulaşır. Bu teleskop fotonları yakalar ve tek bir galaksinin dört farklı görüntüsü olarak kaydeder. Civarda dikilen astronomlar seraba hayran hayran bakarlar ve karanlık madde hakkında bir şeyler mırıldanırlar.

Fotoğraflama düzinelerce galaksi kümesini "tartmak" için kullanıldı ve her ölçümde görünmeyen maddenin kütle içindeki baskınlığı ortaya çıktı. Şayet karanlık maddeye dair bunca laf sizi kuşkulandırdıysa bu hususta yalnız değilsiniz. Maddenin çoğunun görünmez olduğu ve ışımayla etkileşime geçmediği bir evrende yaşamak oldukça garip geliyor insana. Karanlık maddenin hissedeceği tek şey kütleçekimi. Eğer bir avuç karanlık maddeyi tutmaya çalışırsanız bu tuhaf madde elinizin içinden geçip yavaşça Dünya'nın merkezine düşer. Evren gizemlerini kullanarak bizimle dalga geçiyor gibi sanki.

Karanlık madde normal maddeyle birlikte var olduğu ve sadece kütleçekimiyle açığa çıktığı için kuramcılar Newtoncu kütleçekiminin büyük ölçeklerde geçersiz olup olmadığını merak etmeye başladılar. Kütleçekimi kuvvetiyle ilgili yasayı biraz değiştirseniz karanlık maddeye olan ihtiyacı ortadan kaldırmış olursunuz. Neyse ki doğa karanlık maddenin varlığını (ama onun temel yapısını değil) sınamak için harika bir yer temin etmiştir. Kurşun Kümesi uzun zaman önce çarpışarak birbirinin içinden geçmiş iki kümeden oluşur.[21] Her bir kümedeki normal maddenin çoğu sıcak gazdır, yıldız değil; kümeler buluştuğunda, tıpkı birlikte çalkalanan iki su kovasının toslaşması gibi gaz ortada birikir ve karanlık madde gecenin içindeki hayaletler gibi kesişir. Eğilme haritaları karanlık maddenin normal maddenin iki yanından birine kaydığını gösteriyor. Mewtoncu kütleçekimini değiştirmek bu gözlemi açıklayamaz, çünkü kütleçekiminin yönü normal maddeden kaçıp gitmiştir.

Karanlık madde gerçektir.

ELİPTİK GALAKSİLERİN OLUŞUMU

Evrenin cömertliğine ilk şahit oluşumu hiçbir zaman unutmayacağım. İlk kez tek başıma yapacağım işe güvenerek elimdeki 80 santimetrekarelik plakayı banyo çözeltisi içeren kaptan sabitleyicinin olduğu kaba dikkatlice götürdüm. Sayaç üç dakikalık sayımını bitirdiğinde plakayı tekrar son durulama için su kabına götürdüm. Camın keskin kenarlarını ameliyat eldivenlerimle hissedebiliyordum. Karanlık oda loş bir kırmızı ışıkla yıkanıyordu. Normal prosedür birkaç saat uyku çektikten sonra dönüp plakayı yoklamayı ve onu kataloğa koymayı gerektiriyordu ama ilk Gökyüzü Araştırması plakamı görmek için sabırsızlandığımdan onu hava kurutucusuna koyup bekledim. Geçmek bilmeyen 10 dakikadan sonra, plakayı ışık masasına koyup onu arkadan aydınlatmak

için floresan lambayı açtım. Bir el merceğiyle ona merak içinde baktım.

İlk gördüğüm şey kara lekeler oldu. Uzaktan bakınca plaka mürekkep lekeleriyle kaplıymış gibi görünüyordu ama yakından bakınca damlaların çoğu spiral kollu yuvarlak bulutumsu bir şekil alarak netleşti. Plakayı taradım ve Samanyolu'nun önplanındaki yıldızların arasına dağılmış üst üste galaksiler gördüm. Kâğıda yapışmış sinekleri andıran bu galaksilerden önce de galaksi resimleri görmüştüm. Ama burada henüz bir saat önce hareket halinde yakalanıp fotoğraf emülsiyonu içinde sabitlenmiş 10.000 galaksi vardı, reçele yapışmış sinekler gibiydiler.

Henüz yirmi yaşındaydım ve Edinburgh Üniversitesi'nde doktoraya yeni başlamıştım. Onların uzak bir tesisine, Yeni Güney Galler'deki Warrumbungle Dağları'nda konuşlanmış UK Schmidt Teleskobu'na gönderilmiştim. Sönük günlerinde astronomi fotoğrafçılığı alanında stajyerlik için orada bulunuyordum. O zamanlar yük bağlaşımlı aygıtlar (CCD'ler) Maseratilere benziyordu; performansları yüksekti ama bozulup bir hurda yığınına dönmeye müsaittiler. Fotoğraf plakaları da Ford kamyonlarına benziyordu: dayanıklı, çok işlevli ve araziye hâkim.

Stajyerlik sistemi şahanedir, çünkü öğrenim için kalacak yer ayarlıyorlar ve hatalarınızı affediyorlar. Teleskoba yeterince odaklanamadığım bir gece geçirmiştim. Bütün görüntüler yıldız değil de halka şeklindeydi. Ve bir gece teleskop kılavuz yıldızı kaybedince görüntüler çirkin lekelere dönüştü. Başka bir gece de kırmızı ışık yerine beyaz ışığı açmıştım ve o gecenin plakları ziyan olmuştu. Bu arada ahmaklık edip bir plakayı sandalyenin üzerinde unutup sonra da onun üzerine oturduğum geceyi de unutamıyorum; birkaç milimetre kalınlığındaki 900 santimetrekarelik plakanın parçalanmasıyla çıkan sesi düşünsenize.

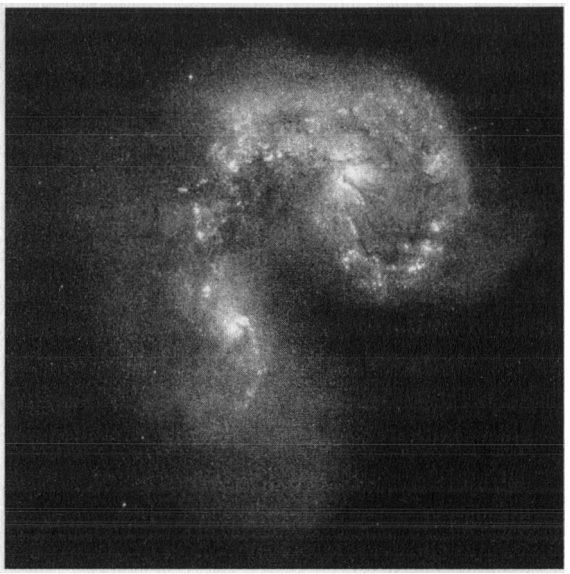
Başarıya susamış ama sakar ve bahtsız biri olduğumu düşünüyordum. Bu yüzden, plakamın yüzeyine dağılmış canlı

galaksi resimlerini görünce nasıl sevindim tahmin edemezsiniz. UK Schmidt Teleskobu, Zwicky'nin öncü araştırmasını gökyüzünün güneyine doğru genişleten Palomar Dağı'ndaki 1,2 metrelik teleskopun ikiziydi. Benimki gibi bir karanlık odada bulunan zeki ve huysuz bir tipin, yeni keşfettiği galaksi kümelerine kısık gözlerle bakıp sevinçle başını sallayışını hayal ediyordum. Benim aldığım plaka gökyüzünün güney bölgesini taramak için gereken kapasitenin 600'de 1'ine sahipti; astronomi duvarında başka bir tuğla işte; ama bu benim başarma hissimi yok etmedi.

Yorgun düşmüştüm. Bütün gece gözlem yapmış ve plakaları işlemden geçirmiştim. Yatakhaneye doğru giderken Güneş gökyüzünde yükselmişti. Siding Spring Gözlemevi Avustralya taşrasının kenarında engebeli bir dağlık arazide konuşlanmıştı. Havaya okaliptus kokusu yayılmıştı ve yolun kenarında kangurular otluyordu. Yalıçapkınları reçineli ağaçların arasında kıkırdıyordu. Ancak çok dinlenmedim; bu dağlar yeryüzünün en zehirli yılanlarından ve örümceklerinden bazılarının yurduydu. Astronomide çömezdim ve evrenin derinliklerindeki galaksilerden gelen ışığı yakalamak için Dünya'nın bir ucundan diğerine yolculuk edebildiğimi görmek beni şaşırtmıştı.

Sonsuza dek yaşayacaklarmış gibi görünen galaksilerle kıyaslandığında bizim ömrümüz çok kısa. Galaksiler çok eski de olsalar ezeli değillerdir. Spirallerin arkeolojisi onların daha küçük galaksilerden oluştuğunu gösteriyor bize. Galaktik inşa bugün de devam ediyor, ama çok yavaşlamış bir hızda, çünkü kozmik genişleme gaz ve küçük galaksi yapıtaşlarını elde etme olanağını sınırlıyor.

Hubble, Humason ve Zwicky farklı galaksi türlerinin evrenin her yerinde bulunma ihtimalinin eşit olmadığını 1930'larda tespit ettiler. Spiraller Samanyolu ve M31'i içeren ortam gibi düşük yoğunluklu ortamları tercih ederken, elipsler bir kümenin daha yoğun ortamını tercih eder. Astronomlar şunu



Şekil 7.6. Boynuz galaksiler birkaç yüz milyon yıl önce etkileşime geçmeye başladılar ve bir milyar yıl içinde tamamen birleşecekler. Yıldız oluşumu duracak, yıldızların çoğu elips yörüngelere gönderilecek ve galaksi elipse benzeyecek. Bazı elipsler evrende erken oluşmuştur, diğerleriyse daha geç zamanlarda resimdeki gibi birleşmelerle oluşmuştur.

merak ediyorlardı: yapı mı yoksa çevre mi? Elipslerde eski yıldızlar ve yeni küçük yıldız oluşumları bulunur. Belki de onlar galaksilerin ilk dalgasının donmuş kalıntılarıdır. Ama aynı zamanda şiddetli galaksi birleşmelerinin gerçekleştiği bölgelerin sakinleridir, dolayısıyla belki de onlar etkileşimler ve birleşmelerin sonucudur.

Birleşmelerden yana karar verildi. Simülasyonlar, elips gibi görünüp hareket eden galaksiler ya gaz bakımdan zengin küçük galaksilerin peş peşe birleşmeleriyle veya Samanyolu gibi iki büyük spiralin şiddetli çarpışmasından oluşabilir. Bu garip görünüyor, sanki vanilyaya vanilya katılınca çikolata oluşabiliyormuş gibi. Fakat birleşme süreci iki diskteki yıldızların zarif dairesel yörüngelerini bozarak onları neredeyse yu-

varlak bir bulutun içine dağıtır (Şekil 7.6). Yıldız oluşumunun patlaması içinde gaz ya süpürülüp atılır veya emilir, böylece geriye neredeyse gazdan arınmış bir galaksi kalır.[22] Büyük birleşmelerin çoğu, galaksi gruplarının bir araya geldiği ve evrenin daha yoğun olduğu uzun zaman öncesinde gerçekleşmiştir, dolayısıyla bizim şimdi gördüğümüz yıldızlar eskidir ve kızıldır. Ve bazı elipsler enerjik geçmişlerinden kalan soluk dış kabuklara ve yıldız kollarına sahiptir. Samanyolu birleşmelerin ve ilhakların ürünüdür, ama asıl büyük hadise gelecekte yaklaşık 2 milyar yıl sonra Andromeda galaksisinin içine düştüğümüzde gerçekleşecek. Güneş'in yanındaki koltuklarımızdan bu büyük buluşmayı izleyeceğiz. Ben zaten biletimi ve bir kutu mısır patlağımı almış bulunuyorum.

* * *

Saç Kümesi beni içeri çekiyor. Görünüşe bakılırsa görebildiğim her galaksi onun esiri, ama ben kaçan küçük balık olduğum için 10.000 trilyon Güneş kütlesiyle çekiyor beni. Bu galaksiler sırtlarını genişleyen evrene dönmüşler ve kümelerin çevresinde bir elips oluşturuyorlar. Yolumun kümeyi sıyırarak mı geçeceğini, yoksa kümenin çekirdeğinde X-ışınlarıyla parlayan 10 milyon derecelik gaza mı saplanacağını merak ediyorum.

Şekli bozulmuş mavi galaksilerden gelen ışık, kütleçekimiyle sıkıştırılır, kesilir ve uzaklaştırılır. Bu görüntülerin bazılarının kümenin karşı tarafında ayna görüntüsünde emsallerinin olduğunu sevinçle kaydediyorum. Görünüşe bakılırsa bu, uzaylı bir süper soya ait bir çılgının yaptığı optik bir deneye benziyor. Einstein'ın bu şaheserin çok canlı bir şekilde gerçekleştiğini görememesi ne büyük talihsizlik! Kümenin merkezine doğru yavaşça kayan mavi yaylar görüş alanımdan uzaklaşıyor ve onların yerini yeni bir görüntü kümesi alıyor. Oyun evine hoş geldiniz.

Uzay ve zamanın enginliğini hissediyorum. Her ikisinde de okyanustaki bir damla bile değilim. Arkamda bir yerde –bakmaya çekiniyorum– uzak bir galakside küçük bir dünya var. Onu şimdi görüyorum ve tüm dikkatimi ona veriyorum. Şans eseri onun görüntüsü

araya giren karanlık maddenin merceğinden geçip büyüyor, bu sayede ayrıntılar onca mesafeye rağmen görünür hale geliyor.

Tanıdık ama garip bir halde o; artık Dünya gibi görünmüyor. Kocaman eğreltiotları ve iriyarı ağaçlarla kaplı ormanlar var. İlkel sürüngenler var ama kuşlara, memelilere ve hatta dinozorlara rastlanmıyor. Tek süper kıta olan Gondwana ekvatorun yakınındaki yemyeşil bataklıklarla çevrili. Bu eski ışık, hayatın yeryüzüne ilk büyük yayılışı devrinden, karbonifer döneminden geliyor. Orada benim için hiçbir şey yok. Beni durmadan kendine çeken karanlık madde ve galaksi denizinden yana şansımı deniyorum.

8

NÜKLEER GÜÇ

Ayaklarımın altındaki büyük galaksi görüş alanıma giriyor. Merkezinde göz kamaştırıcı ölçüde parlak bir ışık kaynağı var. Gözlerim yavaş yavaş bu ışığa alışıyor. Açık mavi renkte parlıyor ve galaksinin merkezinden dosdoğru gelip yanımdan geçerek derin uzaya karışıyor. Bu bütün kuasarların anası olan 3C273'tür.

Karanlık ve engin bir şeyin beni çektiğini hissediyorum, ama ona direniyorum ve ince ışık huzmesine doğru yol alıyorum. Uzaktan küçük görünüyor ama yaklaştıkça onun hızlı ilerleyen parlak parçacıklardan oluşan kalın bir boruya benzediğini görebiliyorum. Aniden içine düşüyorum, Titreşen ışık beni sarıyor ve bir ivme dalgasını hissediyorum. Çalkantılı parlak bir nehir bu, uzayın karanlık kanyonunun içinden geçiyor. Dışarıdaki yıldızlar yanımdan hızla geçiyor, onların bulanıklılığı inanılmaz hızlı hareket ettiğimi söylüyor bana. Ağzımda korkudan madeni bir tat oluştu ama aynı zamanda neşeliyim. Kamburumu çıkarıp kollarımı iyice açıyor ve ışıltılı plazmada sörf yapıyorum.

Bir bez bebek gibi sarsılana değin gövdemdeki titreşim artıyor. Birdenbire, parlak ışın demetinin içine fırlatılıp uzay boşluğuna geri dönüyorum. Yolculuğum beni galaksinin çok üstüne çıkardı; onun çekirdeğine bakmak gözlerimi rahatsız etmiyor artık.

Gökyüzünü tararken yönümü bulabileceğime dair pek umudum yok. Dünya'dan neredeyse 2,5 milyar ışık yılı uzaktayım. Samanyo-

lu gökyüzüne serpilmiş binlerce galaksi arasında ortasıklette spiral bir galaksi sadece. Fakat çok zamanım olduğu için bakmaya devam ediyorum. Sonunda Başak Kümesi'ni ve onun etrafındaki Lokal Grubu, yıldız sistemimi ve onun yavrusu olan Andromeda'yı seçebiliyorum. Derin bir odaklanmayla Soluk Mavi Nokta'ya yoğunlaşıyorum.

Gezegen neredeyse tanınmaz halde. Çevresini saran bir okyanusla ilkel bir kara parçası var. Tekrarlayan derin buzullaşmaların izlerini gösteriyor ve buzlu alanlar ekvatorun yarısına kadar uzanıyor. Dünya onu neredeyse tamamen buzla kaplayacak ve biyosferi yok oluşun eşiğine getirecek küresel bir iklim değişiminin doruk noktasında. Ortaya çıkan kayalar oksijenin atmosfere yayıldığı ve kayaları paslandırdığı zamandan kalma kırmızı çizgilerle bezeli tabakalara sahip. Kırmızı çizgiler fotosentez hünerini icat eden bakteriler ile, fotosentezde açığa çıkan oksijene ihtiyaç duyan ilkel yaşam formları arasında cereyan eden ölümcül nitelikte destansı bir mücadelenin işaretleridir. Gezegenin tarihindeki en büyük yok oluş hadisesine tanık oluyorum, ama halimden memnunum, çünkü onsuz nefes alıp veremezdim ve Dünya benim için ölümcül bir yer olurdu. Bu benim gezegenim ama öyle garibime gidiyor ki evim diye düşünemiyorum.

HOŞNUTSUZLUK MIRILDANMALARI

Hamlet'in sırdaşı Horatio'ya söylediği gibi, "Yeryüzünde ve gökyüzünde senin felsefende hayal edilenden daha fazlası var."

Yirminci yüzyılın başlarında astronomlar evrenin yıldızlardan oluştuğunu düşünüyorlardı. Yıldızlar arasındaki uzay, yeni yıldızların hammaddesi olan gaz ve tozdan oluşan seyrek bir ortamdı. Galaksiler farklı konfigürasyonlarda yıldız, gaz ve toz bileşimlerinden oluşuyordu. Yine de nebulaların yapısı anlaşılmadan önce bile onların bazılarının merkezlerinde garip bir faaliyetin işaretlerine rastlanıyordu. 1908'de Lack Gözlemevi'nde Edward Fath spiral nebula M77'nin spektru-

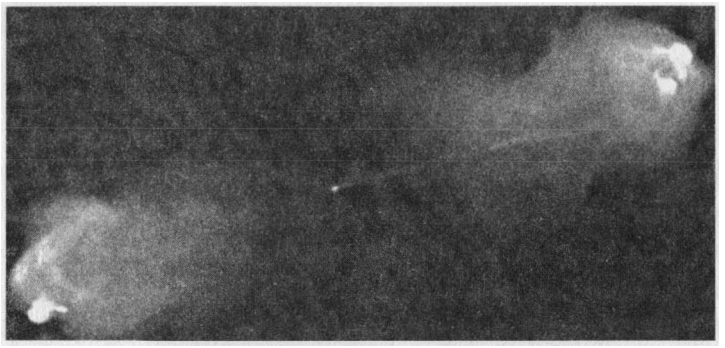
munu görüntüledi ve parlak çekirdeğinden yayılan hidrojen, nitrojen ve oksijenin belirgin emisyon çizgilerini gördü. Yirmi yıl sonra Edwin Hubble diğer iki nebuladaki benzer çizgileri ölçtü.

Bu heyecan verici ama üzerinde yaygara koparılmayacak bir gelişmeydi. Çoğu spiral nebula, pek çok yıldızın spektrumunun üst üste binmiş haline benzeyen bir spektruma sahipti; emisyonun değil de soğurmanın belirgin çizgileri vardı. Fakat bir veya daha fazla sayıda sıcak genç yıldızın yakınındaki gaz, yıldızların yoğun morötesi ışımasıyla çok yüksek ısılara çıkabilir, bu da gazı oluşturan elementlerden dar spektrum çizgilerinin oluşmasına yol açar.[1] Hubble emisyon çizgilerine sahip bir nebulanın sahip olmayana kıyasla daha fazla sayıda sıcak mavi yıldıza sahip olduğunu yerli yerince vurgulamıştı.

1943'te Carl Seyfert'in ilkin Fath ve Hubble tarafından gözlemlenen üç galaksinin de dahil olduğu, güçlü emisyon çizgilerine sahip bir düzine galaksi üzerine yaptığı çalışmasını yayımlamasıyla birlikte mesele iyice gizemli bir hal aldı.[2] Seyfert'in yeni güzel verileri çizgilerin, en iyi fotoğraflarda yıldıza benzer bir görünüm sergileyen çok kesif ve parlak bir nükleer bölgeden geldiğini gösteriyordu. Seyfert aynı zamanda emisyon çizgilerinin geniş olup, genç yıldız kümelerinin çevresindeki gazda gözlemlenenden çok daha geniş dalga boyu aralığına sahip olduğunu belirtti. Gazı bu kadar hızlı hareket ettiren ve bu kadar "ısıtan" yeni bir mekanizmanın işliyor olması lazımdı.[3] Seyfert galaksileri diye adlandırılan galaksiler astronomlar tarafından "henüz anlamadığımız şeyler" kategorisine yerleştirildi.

Galaksi çekirdeğindeki gizemli olayların ikinci kanıtı hiç kimsenin yıllardır parçaları bir araya getirmediği pek beklenmedik bir yerden geldi.

On yıldır Grote Reber dünyadaki tek radyoastronomdu. Karl Jansky'nin 1933'te Samanyolu'ndan gelen radyo dalgala-



Şekil 8.1. Kuğu A, Kuğu Takımyıldızı yönündeki en parlak radyo kaynağıdır. Bu radyo haritası elektronların ışık hızına yakın hızlarda hareket ettiği emisyonu gösteriyor. Ortadaki parlak nokta, kaotik görünen eliptik galaksinin merkezindeki yoğun radyo emisyonudur. Püskürmeler zıt yönlerde galaksinin çok ötesine uzanmakta ve dağınık radyo ışınım kulakları halinde sonlanmaktadır. Kuğu A, 600 milyon ışık yılı uzaklıktadır.

rını keşfettiğini okumuş ve daha fazlasını öğrenmek istemişti; Bell Laboratuvarları'nda Jansky ile birlikte çalışmak istiyordu ama Büyük Bunalım'ın tam göbeğinde iş bulmak imkânsızdı. Bu yüzden bahçesinde bir radyoteleskop kurmaya karar verdi. Reber gösterişçi bir radyo uzmanıydı ve teleskobu, yönlendirilebilir anteni olan sofistike bir 9 metrelik çanaktı; bir insan için müthiş bir teknik başarıydı bu ve Jansky'nin teleskobundan daha ileri düzeydeydi. 1939'da Kuğu Takımyıldızı'nda yoğun bir radyo kaynağı keşfetti. Kuğu A'nın konumu, optik eşini teşhis etmeye imkân vermeyecek ölçüde yetersiz tarif edilmişti ama onun radyo dalgalarıyla saptanan ilk dış galaksi olduğu anlaşılacaktı. Açıkçası sıradışı bir hadise gerçekleşiyordu; Kuğu A'dan gelen radyo dalgaları Samanyolu'nun merkezinden gelen radyo dalgalarından çok daha yoğundu, tıpkı Seyfert'in galaksilerinin galaksi merkezimizden gelen herhangi bir şeyden çok daha parlak optik emisyona sahip olması gibi (Şekil 8.1).

Askeri radar alanında çalışan pek çok mühendis sivil hayata döndüğü için radyoastronomi İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra canlandı. Birdenbire Grote Reber'in birçok ortağı oldu. 1946'da Martin Ryle birbirinden çok uzakta olan radyo alıcılarından gelen sinyallerin çok yüksek açısal çözünürlüğü olan büyük bir teleskopu taklit etmek üzere birleştirilebileceğini ilk kez gösterdi. Bu tekniğe girişim ölçümü (interferometri) adı verilir.[4] Yüksek çözünürlük sayesinde radyo kaynakları için daha net görüntüler ve daha doğru konumlar elde edilir. Fakat daha iyi konumlar radyo emisyonunun yapısını hemen çözmedi. 1950'ye gelindiğinde, gökyüzünde 72 radyo kaynağı tespit edilmişti ve çoğu bilinen bir optik cisimle özdeşleştirilemiyordu. Kuramsal peşin hüküm, onların Samanyolu'nda bize nispeten yakın "radyo yıldızları" olduğu yönündeydi, çünkü hiç kimse uzaktaki bir galaksinin bu denli belirgin radyo dalgaları yaymasını sağlayabilecek bir emisyon mekanizması bilmiyordu.

Daha doğru konumlarla çalışan optik astronomlar bazı güçlü radyo kaynaklarını yeniden incelediler. Caltech astronomları Walter Baade ve Rudolph Minkowski, Kuğu A radyo kaynağının bir galaksinin enkazıyla bağlantısı olduğunu gösterdi ve bu radyo kaynağının yapısı üzerine fikir alışverişine başladılar. Baade optik bir spektrumun yüksek uyarımın ve çok sıcak gazın izini göstereceğine bahse giriyordu ve keyifle şöyle diyordu: "Geçen hafta Minkowski tartıştığımız cismin spektrumunu elde etti ve onunla girdiğim bahsi kaybedince bana hemen bir şişe viski ısmarladı."[5] Ayrıca bu astronomlar, Başak Takımyıldızı'ndaki en parlak radyo kaynağı olan Başak A'nın, merkezinden pek alışılmadık bir optik püskürmenin geldiği büyük eliptik bir galaksi olan M87 ile aynı hizada olduğuna dikkat çekiyorlardı.

Bazı galaksilerin merkezinde cereyan eden tuhaf olaylarla ilgili kanıtlar toplanıyordu.

Radyoastronomi hızla gelişirken güçlü radyo kaynaklarının yapısına ilişkin ilerleme yavaştı. 1958'e gelindiğinde,

2000'i aşkın radyo kaynağı vardı ama bunların sadece 7'si Kuğu Takımyıldızı'ndaki gibi tuhaf galaksilerle ilişkilendirildi. 1960'ların başında güçlü radyo kaynaklarını içeren yeni bir katalog hazırlandı ve girişim ölçümleri konumları beklenmedik doğrulukla verdi. Genç bir Caltech araştırmacısı olan Maarten Schmidt Palomar Dağı'nda 5 metrelik teleskopun başına geçip 3C 273 adındaki, üçüncü Cambridge radyo kataloğunda 273. sırada bulunan cismin spektrumunu elde etti. Bu spektruma bir anlam veremedi; güçlü ve geniş emisyon çizgileri yıldıza benzeyen bir cisimden geliyordu ama bilinen herhangi bir elementin dalga boyunda değildi.[6]

Belki de söz konusu cisim evrenin geri kalanından tamamen farklı bir maddeden oluşuyordu. Hiç kimse bu ihtimalden pek hoşlanmadı. Sonra spektrum çizgilerinin şeklinin hidrojenin spektrumuna tastamam uyduğunu fark etti; tek fark, bu cismin ışık hızının altıda biriyle bizden uzaklaşıyor olması ve 2,4 milyar ışık yılı mesafede bulunmasıydı.

Schmidt ilk Yıldızsı Radyo Kaynağı ya da diğer adıyla kuasarı keşfetti.[7] Bu uzak bir galaksiydi ama galaksi gibi görünmüyordu. Samanyolu'nun toplam optik ışığından binlerce kat fazla ışığa sahipti ama öylesine sıkı kümelenmişti ki nokta gibi görünüyordu. Samanyolu'ndan milyonlarca kat fazla radyo dalgası yayıyordu. Astronomlar kızıla kaymanın kozmik genişlemeden değil de Samanyolu'ndan püskürtülen cisimden kaynaklanıyor olabileceğini düşünmeye başladılar.

3C 273'ün kızıla kaymasının eşi benzeri yoktu, bu yüzden spektrumunu ortaya çıkarmak uzun zaman aldı. Laboratuvarda belli bir dalga boyuna sahip spektrum çizgileri kuasarda daha uzun (daha kırmızı) dalga boylarına kaymıştı. O dönemde bilinen galaksiler çok daha küçük kızıla kaymalar sergiliyordu. Sözgelimi Saç Kümesi ışık hızının yüzde 2,3'üne karşılık gelen, saniyede 7000 kilometrelik uzaklaşma hızına sahipti. Bu nedenle Saç Kümesi galaksilerindeki spektrum çizgileri yüzde 2,3 oranında kızıla kayıyordu: küçük bir etki.

3C 273 bundan beş kat büyük kızıla kayma oranına sahipti ve keşfedilen ikinci kuasar olan 3C 48, 16 kat daha büyük bir kızıyla kayma oranına sahipti.

Bu kızıla kaymalar aktif galaksilerin çok hızlı geri çekildiklerini gösteriyordu ve kozmolojik bir model kızıla kaymayı geçmişe ait bir zamana çevirmeye olanak tanıyordu. Işık 3C 273'ü Dünya'da henüz çok hücreli organizmalar türememişken terk etmişti; 3C 48'i ise Dünya henüz gezegen oluşumunun ilk keşmekeşinden kalan çarpmalara sıkça maruz kaldığı ilkel bir gezegenken terk etmişti.

Sonraki on yıl zarfında kuasarların daha eksiksiz bir resmi elde edildi. Derin görüntüleme yöntemi nokta kaynakların normal galaksilerde bulunduğunu, dolayısıyla onların kızıla kaymaların gösterdiği üzere uzak mesafelerde olduğunu kanıtladı. Daha iyi radyo haritaları emisyonun genellikle çözünmemiş nokta kaynakta yoğunlaştığını gösteriyordu ama diğer radyo galaksilerde ikiz püskürme ve uzayan emisyon kulakları vardı. Daha iyi spektroskopi kuasarların daha büyük kızıla kaymalara ve daha yüksek parlaklıklara sahip Seyfert galaksileriyle ilişkili olduğunu ortaya koyuyordu. En çarpıcı olanı da, güçlü morötesi emisyona sahip kaynaklar üzerine yapılan bir incelemenin radyo emisyonu olmayan veya zayıf olan kuasarları ortaya çıkarması oldu. Radyo emisyonu kural değil istisnaydı. Düşük kızıla kayma ve hafif aydınlık Seyfert galaksilerinden yüksek kızıla kayma ve son derece aydınlık kuasarlara kadar uzanan bütün bu olguları aynı başlık altında toplamak için *aktif galaksiler* terimi öne sürüldü.

Şimdi her şey tek bir soruya bağlanıyordu: Aktif galaksilerden gelen muazzam enerjinin kaynağı neydi?

KÜTLEÇEKİM MOTORLARI

Kuasarı hayalinizde canlandırmak için geceleyin büyük bir şehrin semalarında helikopterle dolaştığınızı düşünün. Yine

örnek olarak Los Angeles'ı kullanacağız; 100 milyon ışık galaksiyi temsil eder ve her bir ışık 1000 yıldıza karşılık gelir. Kuasarlardan gelen ışıktaki değişimler enerjinin Güneş Sistemi'nden çok da büyük olmayan bir bölgeden geldiğini göstermektedir.[8] Şayet Los Angeles her yönden 80 km genişletilirse, tüm şehrin ışığından 1000 kat daha parlak bir ışığın şehrin merkezindeki 6 santimetrekarelik bir alanda sıkıştığını hayal edin.

Benzetmemize devam edecek olursak, merkezdeki ışık o kadar yoğun ve ışıma uzaklığı o kadar büyük olmasaydı şehir bir Seyfert galaksisine benzerdi yani parlak çekirdek normal bir galaksinin içine gömülü olurdu. Fakat eğer şehirden gelen ışıkları artık göremeyecek kadar yükseğe havalansaydık yoğun merkezi ışık kaynağı yine görünür olurdu ve bir kuasara benzerdi.

1969'da Cambridge Üniversitesi kuramcısı Donald Lynden Bell kuasarların güç kaynağı olarak "kütleçekim motoru" kavramını öne attı. Bell çok büyük bir kara deliğin doğal olarak bir galaksinin merkezindeki derin kütleçekimi potansiyeli içinde oluşacağını düşünüyordu. Olay ufkundan hiçbir şey kaçamadığı için kara delik karadır. Kara deliğin yakınındaki güçlü kütleçekimi gazı hızla dönen diskin içine çeker. Diskin iç kısmındaki gaz olay ufkunun içine doğru emilir ve kara delik büyür. Kütleçekimi ve sürtünme diski on binlerce dereceye kadar ısıtır ve disk yoğun morötesi ışın yayar. Uzaktan bakıldığında, bu yoğun emisyon çevredeki galaksiden gelen yıldız ışığını bastırır.[9] Bu fikre Güneş kütlesi kadar büyük kütlelere sahip kara deliklerden aşinayız. Bu tür bir kara delik kara olsa da kendisine eşlik eden yıldızdan içeriye çöken gaz ısınır ve morötesi ışıma ve X-ışınları yayacak kadar hızlanır. Kara delik kavramı yeni olduğundan ve yıldız evriminin bir sonucu olarak "normal" kara delikler henüz ispatlanmadığından Bell'in hipotezi çok cesurcaydı. Ve buna rağmen o milyonlarca, hatta milyarlarca kat daha büyük "ucubeler" olduğunu öne sürüyordu.

Neden Lynden Bell bu düşüncenin cazibesine kapıldı? İşte onun akıl yürütme biçimi. Varsayalım ki yıldızlardaki normal nükleer tepkimelerle bir kuasarı açıklamaya çalışıyorsunuz. Bir kuasarın emisyonu 10^{40} vat gücündedir, akıl almaz bir rakam. (Kıyaslama yapmak için şunu söyleyelim; yeryüzündeki uygarlığa yetecek enerji 10^{13} vattır, dolayısıyla bir kuasarın enerjisini elde edebilmek için 1 milyar x milyar x milyar yeryüzü uygarlığı gerekir.) $E = mc^2$ formülü gereğince bu miktarda enerji 10 milyon Güneş kütlesi demektir. Fakat nükleer füzyon kütleyi enerjiye ancak yüzde 0,7 oranında verimle çevirebildiğinden, füzyonla kuasarlara verilen enerjiden geriye kalan "atık" kütle bir milyar Güneş kütlesidir. Eğer bir milyar yıldızı Güneş Sistemi'nin büyüklüğü kadar bir hacme sıkıştırmayı başarabilseydik, o zaman kütleçekimsel potansiyel enerji füzyon enerjisinin 10 ila 20 katı olurdu, dolayısıyla yıldızlardan gelen nükleer enerji önemsiz kalırdı. Kütleçekimsel enerji her zaman kazanır.

Geniş emisyon çizgileri kütleçekim motorunun çalıştığını gösteren başka bir işarettir. Çekirdeğin yakınındaki sıcak gazın hızı saniyede binlerce kilometredir. En büyük galaksilerdeki gaz ve yıldızlar saniyede 300 ila 400 kilometreden daha hızlı hareket etmez. Yalnızca aşırı masif ve sıkı bir cisim böyle hızlı hareket edebilir.

Lynden Bell ve çalışma arkadaşı Martin Rees kuramı geliştirmeye devam ettiler ve çok geçmeden kuasarların ve radyo galaksilerin esrarengiz özelliklerini daha kapsamlı açıkladılar.[10] Bir galaksinin merkezinde yıldızların kümeleşmesinin Güneş'in kütlesinden milyonlarca, hatta milyarlarca kat büyük bir kara delik oluşturması kaçınılmazdı. Hızla dönen kara delik ekvator düzleminde bir büyüme diskine sahipti ve kara deliğin kutupları devasa bir parçacık hızlandırıcısı işlevi görüyordu. Plazma ışık hızının yüzde 99,9'una erişecek kadar hızlanabiliyor ve galaksiden kaçarak radyo emisyon kulakları ve püskürtüleri oluşturuyordu. Lynden Bell ışımanın

büyüme diskinden görülebileceğini, atıl kara deliklerin çoğunun galaksinin merkezinde olması gerektiğini ve onların, çevrelerindeki yıldızlar üzerinde yarattığı kütleçekimsel etki sayesinde saptanabileceğini tahmin etmişti. Sonraki otuz yıl içinde bu tahminlerin hepsi doğrulandı.

Doğa Güneş'in kütlesinin birkaç katı büyüklüğünde kara delikler oluşturmakla kalmaz, Güneş'in kütlesinin birkaç milyar katı büyüklüğünde devler de yaratır. Kara deliklerin kütlesini ölçmek olay ufkundan birkaç ışık ayı uzaklıktaki gaz bulutlarının hareketini saptayacak bir teknik gerektirir.[11] O zaman Kepler yasası güvenilir bir kütle tahmini verir. Başak Kümesi'ndeki hafif aktif M87 galaksisi Güneş'in kütlesinden 3 milyar kat büyük bir kütleye sahip büyük kara deliklerin bize en yakın olanıdır. Onunla kıyaslandığında Samanyolu'nun merkezindeki kara delik bebek gibi kalır.

HAYVANAT BAHÇESİNDE BİR GEZİNTİ

Ünlü bir Hint kıssasında birkaç kör adamın bir fili tanımaya çalışması anlatılır. Her biri filin farklı bir yerine dokunur. Bacaklarına dokunan adam filin bir sütun, kuyruğuna dokunan bir ip, gövdesine dokunan bir ağaç gövdesi, dişine dokunan bir boru ve kulağına dokunan da pervane olduğunu söyler.

Hepsi de hem haklı hem değildir, çünkü hiçbiri filin tamamına ilişkin bilgiye sahip değildir. Bilimadamları eksik bilgilerle çalışmaya alışıktırlar ama bu sorun, evrenin hiç beklenmedik yanlarını mütemadiyen keşfettiğimiz astronomide bilhassa ciddiyet kazanıyor.

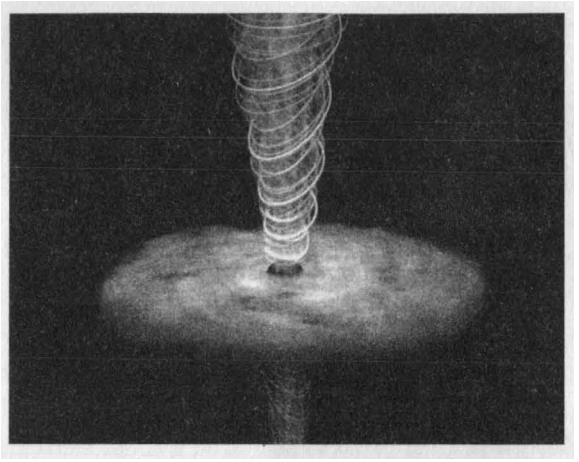
Doğanın bizi şaşırtmaktan zevk alıyor görünmesi astronom olmayı eğlenceli bir hale getiriyor.

Evrene ilişkin bilgimiz gözlem araçlarımızın kapasitesiyle sınırlıdır. Geçtiğimiz yüzyılda astronomide yapılan en büyük atılım görünür spektrumun ötesini görebilen dedektör ve teleskop teknolojilerinin icadı oldu. Radyo teknolojisi 1950'ler-

de, peşinden kızılötesi astronomi 1960'larda ve X-ışını astronomisi 1970'lerde rüştünü ispat etti. 1980'lere geldiğimizde astronomlar bir trilyonluk dalga boyundan, metrelerce uzunlukta radyo dalgalarına ve atom çekirdeği kadar küçük gama ışınlarına kadar uzanan kozmik kaynaklardan yayılan ışımayı toplayıp ölçebiliyorlardı. Bu dalga boyu aralığının büyük bir kısmı Dünya'nın atmosferine nüfuz edemez, bu nedenle görünmez astronominin filizlenmesi de füze bilimi ve uydu teknolojisindeki gelişmelere bağlıydı. Elektromanyetik spektrumun gelişmesi aktif galaksileri anlamada çok önemli olmuştur.[12]

Pankromatik (tüm renkli) saptama kapasitesine sahip olmak aktif galaksilerin pankromatik emisyona sahip olmaları bakımından önemlidir. Bilindik evrendeki cisimler –yıldızlar, gaz ve toz– sıcaklığa bağlı karakteristik bir dalga boyunda ışıma yayar. Buna ısısal ışıma denir. Güneş gibi yıldızlar ise görünür spektrumun ortasında zirve noktasına ulaşan bir ışıma yayar. En sıcak yıldızlar ışımalarının çoğunu morötesi ışık halinde yayarken, kahverengi cüceler gibi soğuk cisimler ışımalarının çoğunu kızılötesi ışık halinde yayar; ama bunların hepsi görünür ışık halinde bir miktar enerji yayar.

Öte yandan aktif galaksilerden yayılan nükleer ışıma, bu ışımanın tamamının veya çoğunun görünmez olduğu birçok durumu içerir. Eğer parçacıklar manyetik bir alanda hızlandırılırsa, ortaya çıkan ışımanın spektrumu çok geniş olur ve zirve veya karakteristik dalga boyu içermez. Buna ısısal olmayan ışıma denir. Sözgelimi, parlak kuasar 3C 273 radyo dalgalarından gama ışınlarına kadar uzanan bütün bir elektromanyetik spektrumu içeren ve ısısal olmayan bir ışıma yayar.[13] Çok büyük bir kara deliğin çevresi elektronları ışık hızının yüzde 99,999 oranında hızlandırabilir ve ortaya çıkan enerji Cenevre'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nın erişebildiği enerjiden büyüktür. Spiral çizen elektronlar ışıma seli yayar. Fizikçiler bu mekanizmanın 1950'deki kozmik radyo



Şekil 8.2. Bu, çok büyük bir kara delik formunda bir kütleçekim motorunun yüksek enerjili emisyon yaydığı çoğu galaksinin merkezinde gerçekleşen olgunun görüntüsüdür. Galaksinin ekvator düzleminde oluşan çok sıcak bir gaz diski kara deliğe enerji verir ve gazı kara deliğin üstüne akıtır. Gaz, kara deliğin yakınında hızlanır ve kara deliğin dönme ekseninin kutuplarında toplanıp uzayın derinliklerine plazma püskürtüleri yollar. Püskürtüleri çevreleyen manyetik alan aynı zamanda kara deliği de sarar.

kaynaklarında da işleyebileceğini tahmin ettiler ve çok geçmeden M87 ve 3C 273'teki optik püskürtüler ve radyo galaksisi püskürtülerini bu mekanizmaya bağladılar (Şekil 8.2).[14] Sıcak büyüme diskinden gelen morötesi ışımada olduğu gibi, kara deliğin kütleçekim gücü nihai enerji kaynağıdır.

Ve hayvanat bahçesinde gezinti.

Karanlığın örtüsü altında oynanan oyunu fark etmek kolaydı, böylece gece görüşü gözlüklerini kullanan astronomlar bu sefer uzun radyo dalgaları üzerinde çalışarak ilk başarılarını elde ettiler. Yıldızlar ve normal galaksiler güçlü radyo kaynakları olmadığı için radyo uzayı "sakin"dir, bu nedenle herhangi bir güçlü radyo kaynağı ilgi çeker, merak konusu olur.

Radyo hikâyeleri eğlencelidir. Radyoastronomlar girişim ölçümünü geliştirince, optik astronomların görüntülerinden bin kat net haritalar yapabildiler. Dış galaksilerdeki radyo kaynaklarının ayırt edici şekilleri çekirdek, kulak ve püskürtü şeklindedir. Radyo çekirdeği, hemen hemen her zaman elips şeklinde olan galaksilerin merkezine denk gelir. Onun çok büyük bir kara deliğin yakın çevresi olduğu sanılmaktadır. İkiz püskürtüler kara deliğin kutuplarından yayılır. Bunlar manyetik alan çizgileriyle kaplanmış göreli plazmadan oluşur. Bu püskürtüler çevreye yayılır ve sıcak gaz ana galaksiden dışarıya ışık hızına yakın hızda çıkar ve galaksiler arasındaki neredeyse kusursuz vakumun içine karışır. Yüz binlerce, hatta milyonlarca ışık yılı genişliğinde püskürtülerin izi sürülebilmektedir. Bazen sanki oynak bir el hortumu tutuyormuş gibi hareket ederler. Bazen de kara deliğin yalpalaması onların gökyüzündeki ikiz spirali takip etmelerine yol açar. Püskürtüler kimi zaman da geriye, kaynağa doğru kıvrılıp galaksiler arası gazın içinden geçiyormuş gibi görünürler.

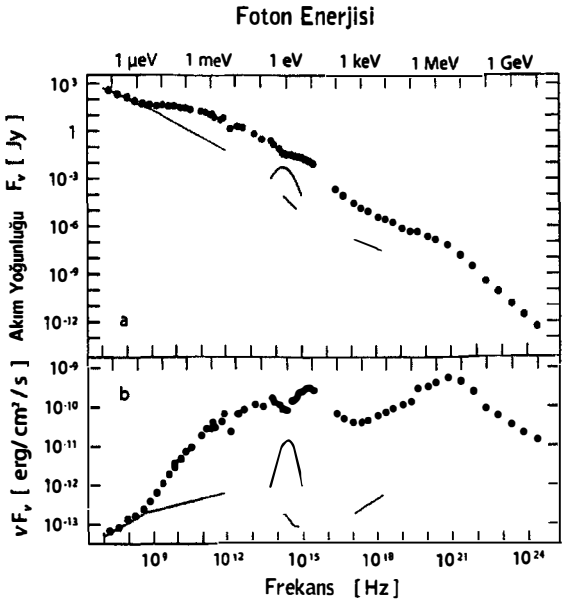
Radyo püskürtülerindeki plazma genellikle ışık hızının yarısı veya ondan biraz fazla hızda hareket eder. Galaksiler arası uzaya girdiğinde parlak "kızgın bir nokta" üretir. Sonra birkaç milyon yıl içinde yaygın bir emisyon kulağı meydana getirir. Çift kulaklı radyo galaksiler ender görülen oluşumlardır; 1000 eliptik galaksiden sadece biri bu tür bir faaliyet sergiler. En geniş radyo galaksileri yaklaşık 15 milyon ışık yılı genişliğindedir: Eliptik bir galaksinin optik büyüklüğünün 100 katıdır bu.

Radyo galaksiler yerlerini değiştiremeseler de hareket ederler. 1980'lerde astronomlar farklı kıtalarda konuşlandırılmış teleskoplardan gelen radyo dalgalarını birleştirmeyi öğrenerek, binlerce mil genişliğinde bir teleskopun açısal çözünürlüğünü taklit ettiler. Bu da kara delikte püskürtünün çıktığı yeri gözlemlemelerine olanak tanıdı. Kızgın noktalar merkezi motordan dışarı çıkıyor ve şaşırtıcı bir şekilde, bazı

radyo kaynaklarında ışıktan daha hızlı hareket ediyormuş gibi görünüyorlardı. Bu davranışı gösteren kaynaklar genellikle güçlü merkezi emisyona sahiptir ve çifte kulak barındırmaz. Görelilik ihlal edilmez; etki ise optik bir yanılsamadır. Eğer püskürme direkt bize yönelmişse, püskürtü boyunca yuvarlak kütlelerin ışık hızına yakın hızdaki hareketi ışıktan daha hızlı ilerliyormuş gibi görünebilir. Benzeri bir etki yaratmak için, güçlü bir el fenerini uzaktaki bir yüzeye tuttuğunuzu hayal edin. Teoride feneri döndürerek yüzeyde ışığın değdiği noktayı "sapma" hızında hareket ettirebilirsiniz ama bilgi gerçekte yüzeyin üzerinde bu kadar hızlı aktarılmaz.

Görünür ışığı kullanarak vahşi uzaydaki aktif galaksilerin yerini tespit etmek zordur, çünkü çok iyi kamufle olmuşlardır, vahşetleri koyun postuyla örtülmüştür. İlk kuasarlar onların yerini saptamak için kullanılan radyo emisyonuyla keşfedilmiştir. Radyo emisyonu olmayınca, Samanyolu'ndaki aynı parlaklığa sahip yıldızlardan ayırt edilemeyen kendi halinde ışık noktaları olarak görünürler. Kuasarlar çıplak gözle görülmez. En parlağı bile gözün görebileceğinden 600 kat daha soluktur ve gözün görebileceğinden bir milyon kat daha soluk olan bulunana değin çoğu keşfedilmemişti. Bu seviyede bile uzak evrendeki her bir kuasara karşılık Samanyolu'nda 100 yıldız vardır.

Yüzlerce koyunun arasına gizlenmiş bir kurt nasıl bulunur? Bunun için iki yöntemin işe yaradığı ortaya çıkmıştır. İlk yöntem bir kuasar enerji dağılımını herhangi bir yıldızdan daha düz kılan ve ısısal olmayan emisyon verilerini kullanır (Şekil 8.3). Merkezi motor son derece sıcak olduğu için yapılacak şey güçlü morötesi ışımayı aramaktır. İkinci yöntem, her bir cisimden gelen ışığın minyatür bir spektrumun içine yayıldığı ve binlerce spektrumun tek bir görüntüden elde edilebildiği görüntüleri kullanır.[15] Kuasarlar güçlü geniş emisyon çizgileri sayesinde göze çarparlar. Her iki yöntem kullanıldığında, başarı oranı yüzde 1'den daha azken yüzde



Şekil 8.3. Kuasarları bulmanın en iyi yollarından biri, yıldızlar veya normal galaksilerden farklı olarak değişik büyüklükte dalga boylarıyla yayılan, ısısal olmayan emisyonlarını bulmaktır. Bu grafik 3C 273 kuasarından gelen radyo dalgalarından gama ışınlarına uzanan 10^{18}'den daha uzun dalga boyundaki enerjiyi göstermektedir. Üstteki bölüm akımı, alttaki bölüm ise birim frekans başına düşen enerjiyi göstermektedir. Grafiğe baktığımızda 3C 273 kuasarının enerji haznesinin büyük ölçüde morötesi ve yumuşak X-ışını emisyonlarından oluştuğunu görüyoruz. Eğik çizgi eliptik ana galaksiden gelen ışıktır ve bu ışık herhangi bir yıldız kümesinden yayılan ısısal emisyonun tipik bir özelliğidir. Düz çizgiler ise püskürtmenin katkısını gösteriyor.

50'ye çıkar. On binlerce kuasar yakalandı. Astronomlar kendi av çantalarını doldurdular. Fakat çok geçmeden anlatılanların yanıltıcı olduğu ortaya çıktı; çoğu kuasarın güçlü radyo emisyonu yoktu.

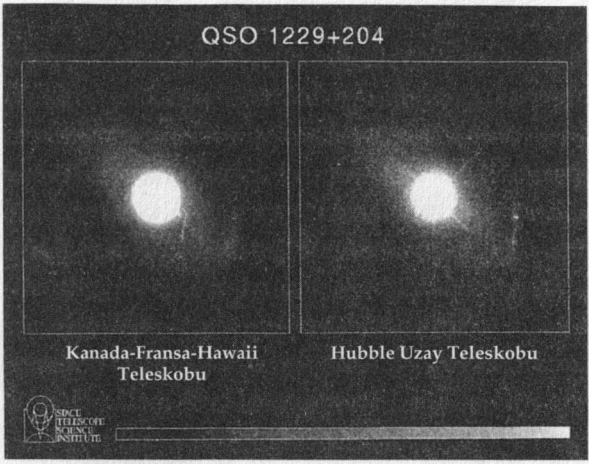
Sloan Digital Sky Survey adlı araştırma kuasarlar için yapılan optik araştırmalarda varılan son noktadır. 2000'den

2008'e kadar 2,5 metrelik mütevazı bir teleskop gökyüzünün büyük bir kısmını tarayarak çok renkli derin CCD görüntüleri aldı. Öncelikle bu görüntüleme yöntemi kullanılıp renklerinin hiçbir yıldızınkine benzememesinden yola çıkılarak bir milyon kuasar adayı bulundu.[16] Sonra adayların spektrumları alındı. Son ganimet ise 120.000 kuasardı. Tek bir araştırmada bu kadar kuasar bulununca onları esrarengiz bir topluluk olarak görmek zordur.

Işıklarına bakarak kuasar bulma yaklaşımı çok başarılı oldu ama araya giren parazitlere rağmen gözlemlemek istiyorsanız X-ışını gözlüğü takmalısınız. Radyo uzayı gibi X-ışını uzayı da "sakin"dir, bu nedenle X-ışını yayan herhangi bir şey yüksek enerjili bir olguya işaret eder. Tipik bir kuasar enerjisinin çoğunu morötesi ve X-ışını dalga boylarında yayar, dolayısıyla X-ışını araştırmaları kuasarları bulmanın en etkin yoludur. Chandra X-Işını Gözlemevi Ay büyüklüğündeki bir gökyüzü parçasında 1000 tane kuasar bulabilir.

X-ışını araştırmaları yeni kuasar topluluklarını ortaya çıkardı. Radyo araştırmaları optik araştırmalarda bulunan kuasarların yüzde 90'ını gözden kaçırırken, optik araştırmalar da X-ışını araştırmalarında bulunan kuasarların yüzde 75'ini gözden kaçırdı. Yüksek enerjili ışıma olay ufkunun sadece 5 veya 10 katı büyüklüğündeki büyüme diskinin iç kenarından gelir. Burası gözlemlerden anladığımız kadarıyla karanlık motora yakındır. Galaksilerin yüzde 1'inden daha azı kuasar barındırsa da öylesine şiddetli parlarlar ki ışıkları evrendeki ışımanın yüzde 10 ila 20'sini oluşturur.

Peki ya kuasarların yuvası? Hubble Uzay Teleskopu'nun net ve derin görüntülerinin bize gösterdiği gibi, radyo yayıcıları yuva olarak büyük eliptik galaksileri tercih ederken, ağırlıklı olarak optik ve X-ışını emisyonu barındıran kuasarlar ise daha eklektik davranıp, kimisi spiral kimisi de eliptik galaksiyi tercih ediyor (Şekil 8.4). Çoğu kuasarın ondan iki bakımdan beslendiği yakın bir eşi olur. Eşin kütleçekiminin iç



Şekil 8.4. Hubble Uzay Teleskopu'nun gelişmiş görüntüleme kapasitesiyle görülen, kuasar barındıran galaksiler. Güçlü radyo emisyonuna sahip kuasarlar elips veya çarpık şekilli galaksileri tercih ederken, güçlü radyo emisyonu olmayan kuasarlar her türde galakside bulunabilmekte. Gaz veya yıldız formundaki küçük bir miktarda yakıt bir kuasarın ışıl ışıl parlamaya devam etmesini sağlar; bu da merkezlerindeki kütleçekim motorunun etkisidir.

kısımlara gönderdiği gaz oradaki kara deliğe yakıt olur, adeta onu "besler". Ve bazen küçük eş galaksi tamamen yutularak aç kara delik için güzel bir ziyafet olur.

Öyle büyük bir avcı olduğumu iddia etmiyorum ama bir keresinde yakalaması zor bir avın peşine düşmek için Kafkas Dağları'na gitmiştim. Beni öteden beri heyecanlandıran blazar adında aktif bir galaksi türü vardı. Balazarlar değişik emisyonlara sahip güçlü yoğun radyo kaynaklarıdır. Dünya'dan onların göreli püskürmelerine baktığımızda kuasar olduklarını tahmin ediyoruz. Gökyüzündeki beşinci en parlak aktif galaksi olan OJ 287 diye bir kaynağı duymuştum. 100 farklı biçim aldığı biliniyordu ve 20 dakika gibi kısa zaman dilimlerinde değiştiğine dair söylentiler vardı. Bu çılgınca bir

hızdır ve kara deliğin çok yakınında, püskürmenin dibinden ışımanın geldiğini gösterir. Bu kadar hızlı veri toplamak için büyük bir teleskopa ve özel bir cihaza ihtiyacım vardı. Üç bavulu doldurabilecek bir fotometresi olan Şilili bir meslektaşı aradım. Neyse ki Santiago bana hemen, tamam gelirim, dedi. Kendisi her zaman yeni maceralara atılmaya teşnedir. Dünyanın en büyük teleskoplarından biri olan 6 metrelik Rus teleskopu için başvuru yaptık.

Sovyetler Birliği'nin dağılmasından hemen sonrasıydı. Rusya kargaşa ve heyecanla dolu bir yer haline gelmişti. St. Petersburg'a uçtuk ve bizi misafir edenler pancar çorbası ve votka ikram ettiler. Şehir muhteşemdi ve insanı derinden etkiliyordu ama çürüme ve yağmaya da hep şahit oluyordunuz. Bizi ağırlayanlar gelecekten iyimserlikle söz ediyorlardı, ama biz buna pek ikna olmadık; ne de olsa bu iyimserlik Slavlara özgü umutsuzluğun karanlık çekirdeğinin etrafına sımsıkı sarılmıştı. Çocukları olsaydı denizaşırı ülkelerde okutmaya çalışırlardı. Bilimciler arasında beyin göçü çok yaygındır. Santiago cihazı hazırlarken ben de gözlemler için strateji oluşturuyordum. Boş zamanlarımda ise Kopernik, Kepler ve Galileo'nun özgün elyazmalarını (koleksiyonun yarısı benim ziyaretimden beş yıl sonra kasten çıkartılan yangında ziyan oldu) barındıran belki de Dünya'nın en güzel gözlemevi olan Pulkovo Gözlemevi'ne gidiyordum.

Güneye doğru üç günlük bir tren yolculuğuyla Rusya ve Ukrayna'nın geniş tarlalarından geçerek Kırım'daki gözlemevine varıyordunuz. Kompartımandaki taş gibi sert koltukta, yanımızda cihazımız, kâh uyuyup kâh uyanarak yol aldık. Askerler geceleyin trenleri dolaşmaktan hoşlanan hırsızları yakalamak için ateşe hazır kalaşnikoflarıyla trende devriye geziyorlardı. Askerler korkmuş gençler gibi göründüklerinden beni korkuturlar oldum olası.

Teleskop uzakta 1800 m yüksekliğinde güzel bir dağlık arazide konuşlandırılmıştı. Altyapının yetersiz olduğu bir

yerde büyük bir avantaj olan, eski teknolojili ama sağlam cihazımızı getirmiştik. Victor bizi havaalanında karşıladı ve cihazı kurmamıza yardım etti. Victor geniş çehreli, metal dişli, giysileri üstüne dar gelen bir insan azmanıydı. Ekim ayının başlarıydı ve geceleyin dondurucu bir soğuk vardı. 6 metrelik teleskopla gözlem yapmak "modası geçmiş" bir yöntemdi. Cihazımız neredeyse bir insan büyüklüğündeki metal bir silindir olan asal odak kafesinin içindeydi ve teleskobun topladığı ışık burada bir odağa geliyordu. Gözlemci bütün bir gece kafesin içinde aynanın 2,5 metre yukarısında asılı duran ve teleskop farklı nesnelere doğru döndükçe o da bir yandan diğer yana dönen soğuk metal bir oturakta oturmak zorundaydı. İlk gecemiz tamamen fiyaskoydu. Bir tür Rus stoacılığına kapılmıştım.[17] Her koşulda OJ 287 blazarından gelen ışığın Kırım'a ulaşması için aradan 3 milyar yıl geçmesi gerekiyordu, bu nedenle ertesi geceyi beklemek işten değildi.

Ertesi gün gözlemevindeki kuru buz makinesi bozuldu. Soğutucu olmayınca cihazımız çalışmayacaktı. Yakınlarda kuru buz bulabileceğimiz bir yer de yoktu ama Victor 80 km uzakta, Gürcistan sınırın hemen ötesinde bir dondurma fabrikasının olduğunu söyledi. Lada marka arabanın arka koltuğuna atladım, iki yanımda birer silahlı fedai vardı, adeta ikinci sınıf bir filmde gibiydik. Onlara neden ihtiyacımız var, diye sordum. Victor metalik bir sırıtışla karşılık verdi. Yolculuğumuz olaysız geçti ve büyük bir kalıp donmuş karbon dioksit aldık.

Sonunda şansımız döndü. Hava açtı, cihaz çalıştı ve OJ 287'ye gözümüzü dikerken donmuş ayaklarımı unutabildim. Blazar bizi hayal kırıklığına uğratmadı; akım dakika dakika değişiyordu ve yüzde 20 oranında polarize olmuştu. Bu da kara deliğe yakın ivme bölgesinde akkor plazmanın varlığının göstergesiydi. Etkileyici bir yaratığı kuyruğundan yakalamıştık ve bu yaratık bizi fena halde silkeliyordu.

Uzun bir gecenin sonunda üşümüş, yorgun düşmüştüm ama Victor ve gece tayfası uyumayıp yoksul adamın yiyeceği olan havyarla birlikte votka içmek istiyorlardı. Onlara katılmamak kabalık olurdu. Ertesi gün yemekte akşamdan kalmaydım, bu yüzden zihnimi açmak için derin yemyeşil bir vadiye inen dağlık arazinin yükseklerinde yürüyüşe çıktım. Manzara görülmeye değerdi. O akşam Victor'a nereye gittiğimi söyledim. Kaşlarını çattı. Dikkatli olmalısın, dedi, Gürcü silah kaçakçıları bu vadiyi mesken tutarlar ve yabancılara hiç de kibar davranmazlar.

Kör adamlar file nasıl kandıysa astronomlar da kendilerine anlatılan hikâyelere öyle mi kanıyor? Tarif edilen bütün gökcisimleri sahiden öyle mi? Belki. Aktif bir galaksinin merkezinde dönen bir kara delik ve büyüme diski bulunur ve bunlar bakılan her yönden aynı görünmez. 1970'lerden itibaren çeşitli "birleştirme" şemaları önerildi. Bu şemalar, farklı görünen özelliklere sahip kaynakların aslında farklı açılardan görülmüş ama özde aynı olabileceğini ileri sürüyordu. Benim favori blazarım OJ 287 sakindi ama kızdığında gökyüzü düzlemine püskürtü saçıyordu ve çifte radyo kulaklarını görüyorduk. Seyfert galaksileri ve kuasarlar geniş emisyon çizgilerine sahiptirler, ama geniş emisyon çizgileri halka şeklindeki bir gaz ve toz bulutu ardına gizlenmiş ve aynı zamanda dar emisyon çizgilerine sahip hafif aktif galaksilerden oluşan geniş kümeyi temsil ederler. Birleştirme düşüncesi bütün aktif galaksilerde merkezi bir motorun bulunduğunu ama araya giren materyalin onu görmemizi engellediğini, hatta onu numunelerimizden tamamen çıkardığını öne sürer.[18]

AZMANI BESLEMEK

En parlak aktif galaksiler son derece enerjiktir. M31 merkezinde bir kuasar barındırıyor olsaydı, spiral galaksi yine çıplak göze pek görünmezdi, ama çekirdek gece gökyüzünde

bütün yıldızlardan daha parlak olurdu. Eğer Samanyolu'nun merkezinde bir kuasar olsaydı, gündüz gökyüzünde ikinci bir Güneş olarak gözükürdü.[19] Kuasarlar nasıl oluşuyor, ne kadar süre yaşıyor ve kuasar oluşturan bir galaksinin özel bir yanı var mı?

Varsayalım ki siz öğretmensiniz ve bilmediğiniz bir okulda üçüncü sınıfa giden öğrencilere ders anlatacaksınız. Sınıfın önünde büyük bir kâsede lolipop şekerleri var. Öğrencilere de derste şeker yemelerine izin verilmiş olsun. Herkes için yeterince şeker olmasına rağmen 40 çocuktan sadece 4'ü lolipop yiyor.

Meraka kapılıyorsunuz. Neden sadece dört çocuk lolipop yiyor diye soruyorsunuz. Geri kalan çocuklar onlardan farklı mı? Şayet sınıfta kalıp bütün gün ders verirseniz bütün çocuklar şu veya bu vakitte lolipop yer mi? Şimdi lolipop yiyenler gün boyu yemeye devam ederler mi yoksa sadece bir süreliğine mi yerler? Bunun cevabını vermek için günde taç tane şeker yendiğini hesaplamanız yeterli midir?

Bu benzetmede çocuklar ve lolipoplar galaksileri ve kuasarları temsil ediyor. Gözlemlediğimiz üzere galaksilerin küçük bir alt kümesi kuasar barındırıyor; çoğu çocuk lolipop yemiyor, ama o galaksilerin özel bir yanının olup olmadığını veya her galaksinin günün birinde bir kuasar barındırıp barındırmayacağını bilmiyoruz. Her zaman aktif olan birkaç galaksi ile bazen aktif olan bütün galaksiler arasındaki belirsizlikten dolayı kuasarların toplam sayısını –kâseden kaç tane lolipop çıktığını– hesaplamak bize yardımcı olmaz. Bizim durumumuz ormanın fotoğraflarına bakarak ağaçların yaşam döngüsünü kestirmeye çalışan ormancının durumuna benziyor. Emin olabileceğimiz tek şey, 1960'ların başında keşfedilen kuasarların hâlâ "orada" oldukları ve ışıl ışıl parladıkları için 50 yıldan fazla yaşadıklarıdır.

Azmanların nasıl beslendiğini bilirsek daha fazla şey öğrenebiliriz. Yüzde 10'luk bir verimlilikle kütle-enerji elde eden

parlak bir kuasar yılda sadece 3 Güneş kütlesi büyüklüğünde bir madde yiyerek enerjisini temin edebilir. Yıldızlar oburluklarıyla ünlü olmakla birlikte, eğer kara delik birkaç parça atıştırmalığı üç doyurucu öğüne tercih ederse, yılda bir milyon Dünya'yı mideye indirmeye eş miktarda gıda alabilir. Pratikte kara delikler nadiren gezegen ve yıldız yer, onların normal yemeği büyüme diskinin iç kenarından boşalan sıcak gazdır.

Eğer Güneş'in kütlesinden 100 milyon kat iri olan orta büyüklükteki bir kara delik yılda 3 Güneş kütlesini yiyerek büyüyorsa, kara deliğin sıfırdan büyüyüp serpilmesi sadece 30 milyon yıl alacaktır (evren bu kara delikten çok daha yaşlıdır); tabii bu bizim şimdi gözlemlediğimiz gibi kara delik durmadan yiyorsa doğrudur. Ama eğer yemekler arasında uzun molalar veriyorsa onun şimdiki büyüklüğüne ulaşması için gereken zaman çok daha uzun olur.

Diğer bir sav da mevcut yakıt tedarikiyle ilgilidir. Spiral galaksiler disklerinde birkaç milyar Güneş kütlesi büyüklüğünde gaza sahiptir, ama bu gazın çoğu merkeze ulaşamayacak kadar uzaktadır. 10 ışık yılı içinde kilerde yaklaşık 30 milyon Güneş kütlesi kadar gaz birikir. Yılda 3 Güneş kütlesi kadarını yiyerek bu gazı bitirmek 10 milyon yıl alır. Eğer bir kuasar 10 milyon yıldan sonra yakıt açlığı çekerse, onun aktif evresi evrenin yaşının yüzde 0,1'inden daha kısa olur. O zaman galaksilerarası uzaydan yeni yakıt akması için çok daha uzun süre beklemek zorunda kalır.

Geçtiğimiz on yılda yapılan araştırmalar galaksilerin faaliyetine ilişkin ilginç bir manzara ortaya koymuştur. Yeni maddelerin katılmasıyla büyümeden, "ampul" olarak kuasarların enerji kaynağı diye söz etmiştik, ama kuasarlar dışarından madde katmakla kalmazlar, dışarıya madde de verirler. Parlak bir kuasarın büyüme diskinde sıcak bir rüzgâr eser ve bu rüzgâr çekirdek bölgelerindeki gazı dışarı çıkarıp yakıt tedarikini durdurabilir.[20] O zaman kuasar söner ve tekrar parlaması için galaksi merkezinde gazın birikmesini beklemek

zorunda kalır. Böylece 10 milyon yıllık parlaklığın ardından daha da uzun süren bir karanlık evresi gelir. Başka bir kanıt da normal galaksilerdeki kara deliklerle ilgilidir. Samanyolu mütevazı bir kara deliğe sahiptir ve civardaki galaksilerin de kara delikleri vardır, ama onların çoğu aktif değildir. Bir kuasarın oluşması için özel bir koşullar kümesine ve çok büyük bir kütleye gereksinim olabilir.

Galaksilerdeki faaliyet demokratiktir. En büyük galaksiler en eğlenceli olanlarıdır, ama her galaksi payına düşen zevki alır. Evrende kuasarlar her zaman parlayıp karanlığa gömülmektedir. Herkesin bir lolipop hakkı vardır, ama onu sürekli ememezsiniz. Yahut eski bir benzetmeye başvurursak, her koyunun içinde bir parça kurt vardır. Hepimizin içinde bir bir parça canavarlık olduğu gibi.

* * *

Eski Dünya'yla bağlantıma öylesine dalıp gittim ki çevremdekilerin izini kaybettim. Ben püskürtüden dışarı fırlatılırken gözden kaybolan büyük galaksi tekrar görüş alanıma girip büyüyor. Bir trilyon yıldızın kütleçekimine denk bir kuvvet beni içine çekiyor.

Merkezi yıldız kümesinin içine doğru giden eğik bir yörüngenin üzerine düşüyorum. Önümde beyaz sıcak bir gaz diski var. Ona doğru dönmeye başlıyorum, atık borusunun içine akan bir atık parçası gibiyim. Birden kendimi büyüme diskinin içinde buluyorum ve çevremi kör edici ışık ve sıcaklık sarıyor. Bir süre dönüp duruyorum; durmadan artarak beyazdan maviye kayan ısı ve ışık bana içeriye doğru spiral çizdiğimi söylüyor. Sonra diskten kurtuluyorum, azmana doğru son bir spiral çiziyorum. Karanlık cisim muazzam. Bir yıldız söndüğünde geride kalan kara delik bir şehir büyüklüğünde olur; ama bu kara delik Güneş Sistemi kadar büyük.

Diskin aydınlığı ile kara deliğin kesif karanlığı arasındaki bu bölgede güzellik ve sükûnet var. Aydınlık bir bilinç haline kavuşuyorum. Hayatımdaki bütün hadiseler berraklaşıyor ama önümde zamanın bir anlam ifade etmediği bir yer var. Ben olay ufkuna yak-

laşırken ışık konisi küçülüyor ve ışınlar enerji kazanıyor, ta ki evren küçülerek mavi bir ışık dairesi haline gelene değin.

Korkmuyorum. Bu bir milyar Güneş kütlesine denk kara deliğin olay ufkunun içinde yoğunluk oturma odamdaki (şimdi bir katrilyon mil ve milyarlarca yıl uzakta olan) havanın yoğunluğundan daha az. Böyle bir kara delikteki gelgit dalgaları hafif. Olay ufkunda kayarken hafif bir sürüklenmeden başka bir şey hissetmiyorum. Evrendeki her çılgın insanın düşlerini gerçekleştirmesine yetecek kadar çekim var burada.

9

GALAKSİLERİN BÜYÜMESİ

Manzara müthiş. Üç boyutlu geniş bir inşaat alanındaydım ama bu inşa evlerin ve ofislerin değil de galaksilerin ve çok büyük kara deliklerin inşası. Önceki duraklarımda sessiz bir dinginlik, boşluk ve azamet duygusu içimi sarmıştı. Burada fiili bir devinim göremiyorum ama bir hareket duygusu hissediyorum. Galaksiler küçük ve birbirine yakın. Onların verdiği his klostrofobik ve baş döndürücü.

Ağaçların ormanı görmesi zordur ama galaksiler çevremde gelişigüzel dağılmış gibi görünmüyor. Dikkatli baktığımda küçük yuvarlak kütlelerin büyükleriyle birleştiğini, görebiliyorum. Genç galaksiler bir araya gelerek bir küme oluşturuyorlar. Samanyolu gibi büyük tasarım içeren tanıdık bir spirali boşuna arıyorum. Zira bu yıldız sistemleri düzensiz, yuvarlak ve iç yapıları pek uyumlu değil. Az sayıda büyük galaksi elips şeklinde görünüyor ama tanıdık galaksilerden daha sıcak ve maviler.

Daha uzun süre bakınca daha incelikli bir şeyi fark ediyorum; parlayan bir dantel gibi galaksileri birbirine bağlayan sıcak bir gaz ağı. Ortam sıcak, kara delikleri kuşatan büyüme diskleri ve genç yıldızlardan gelen morötesi bir ışıma banyosu içindeyim. Çoğu galaksinin merkezinde bol miktarda gazdan beslenen kara delikler çabucak büyüyor. Bazıları tozla kaplı olduğundan görünmüyor. Diğerleriyse çevrelerindeki gazı püskürtüyor ve bu şiddetli püskürtüler karanlığı delerek uzaya karışıyor; ipliksi kaosun içindeki tek doğrusal yapılar

bunlar. Bu kozmik bronzlaşma salonunda parıltının karşısında hayali Güneş gözlüğümü takıyorum.

VAR OLAN EN HIZLI ŞEY

Doğuşlarından günümüzdeki hallerine gelinceye kadar galaksilerin hikâyesini anlatmak için önce ışığa, onun nasıl yol aldığına ve genişleyen evrende nasıl toplandığına bakmamız gerek.

Işık cılız olsaydı ortaya çıkacak zahmeti düşünün. Varsayalım ki ışık şimdi ölçülen baş döndürücü hızı olan saniyede 300.000 kilometre değil de 1 metre yol alıyor: hızlı bir yürüyüş adımı. Bu varsayımsal dünyada her şey aynı kalsın, ışık hızı hariç.

Karanlık bir eve girip tavandaki ışığı açıyorsunuz. Işığı görmek için birkaç saniye sabırla bekliyorsunuz. Sonra çevrenizdeki yavaş yavaş görünür olan duvarları seyrediyorsunuz, ışık uzaktaki duvara biraz daha geç ulaşıyor. Ses hızı hâlâ saniyede 343 metre, ışıktan çok daha hızlı. Bu durum bazı ilginç sonuçlar doğuruyor. Yüz yüze konuşmalar birkaç adımlık sabit mesafeden yapılır. Herkes dudak hareketlerine oranla sesin biraz gecikmesine alışıktır ama ses birkaç saniyeden daha fazla gecikirse can sıkıcı olur. Televizyonların uzaktan kumandasında erteleme tuşu vardır. Bu tuşa basıp görüntüyü birkaç saniye geciktirerek görüntüyle sesin odanızda size aynı anda ulaşmasını sağlayabilirsiniz.

Markete doğru yürürken caddenin karşısındaki komşunuza el sallıyorsunuz ve ancak yarım dakika sonra o da size el sallıyor, kaba olduğu için değil de sizin el selamınızı görmesi ve onun selamının size ulaşması ancak o kadar zaman aldığı için. Süpermarkette bir süredir görmediğiniz bir arkadaşınıza rastlıyorsunuz. Sizin bulunduğunuz reyonun sonunda soslara bakıyor. Onun durduğu yere vardığınızda o çoktan ilerlemiş oluyor ve artık hiçbir yerde göremiyorsunuz. Yeni

bir kasa açılıyor ama yan yana duran insanlar ışığı sizden saniyeler önce görüp siz oraya varmadan kuyruğa geçiyorlar.

Araba kullanmak son derece tehlikeli. Önünüzdeki yolun eski halini görüyorsunuz. On metre ötedeki kaldırımda yürüdüğünü gördüğünüz insanlar artık orada olmayabilirler, çünkü onların 10 saniye önceki hallerini görüyorsunuz. Gördüğünüz arabalarla belki birazdan burun buruna geleceksiniz. Yüz metre ilerideki trafik, siz oraya vardığınızda belki tamamen farklı olacak, çünkü sizin trafik bilginiz iki dakika geriden geliyor. Bunlar gün içinde olanlar. Gece araba kullanmayı aklınızın ucundan bile geçirmeyin. Farlarınızdan çıkan ışık önünüzdeki nesneye vurup oradan gözünüze geleceği için gecikmeler kep iki misli olur. Arabayı saniyede bir metren daha hızlı sürerseniz farlardan çıkan ışığı geçip onu faydasız hale sokarsınız.[1] Aslında sokakta koşarak gitmek olayları geriye doğru sarar ve bu da çok eğlenceli olabilir.

Kaygılı uzun bir günün sonunda güzel bir günbatımı manzarasıyla teselli buluyorsunuz. Engebeli ufkun 30 km uzakta olduğunu unutmadan tabii. Dolayısıyla Güneş 10 saat önce batmış ve yeniden doğmaya hazırlanmaktadır.

Pekâlâ. Katılıyorum, sıkıntılı olmanın ötesinde düpedüz hayatı zehir eden bir durum bu. "Yavaş ışığın" dünyası çıldırtıcıdır, çünkü gündelik hadiseler tanınmaz bir hal alır. Işık bizim biricik bilgi taşıyıcımızdır. Şayet bilginin bize ulaşması için geçen zaman ile olayların gerçekleşmesi için geçen zaman aynı olursa nedensellik karman çorman olur. Yavaş ışığın değiştiremeyeceği tek tanıdık cisim Güneş'tir. Eğer ışık 300 milyon kat daha yavaş yol alsaydı Güneş ışığı bize 4500 yılda ulaşırdı. Bu uzun bir zaman, neyse ki Güneş şaşmaz şekilde ışık yayıyor, dolayısıyla birkaç bin yıllık gecikme hayatımızda değişiklik yapmaz.

Işık yavaş değil aksine inanılmaz hızlı. Bunu nasıl biliyoruz? Yunanlı filozoflar bu meseleyi tartışmışlardır. Empedokles Güneş'ten gelen ışığın bize ulaşması için bir miktar za-

manın geçmesi gerektiğini düşünmüştür, ama Aristo Güneş ışığının anında yol aldığı kanısındaydı. Yunanlılar meseleyi çözmek için deney yapmadılar. Galileo deneye başvuran ilk kişidir. Bir tepenin başında elinde fenerle dikilmiş, bir meslektaşı da yine elinde fenerle birkaç km uzakta durmuştu. Galileo fenerin panjurunu açtı ve arkadaşı da Galileo'nun fenerinden gelen ışığı görür görmez kendi panjurunu açtı. Galileo ışığın gidiş dönüş yolculuğunun süresini kaydetmek için kendi nabız atışını kullandı. Bir gecikme saptanamadı ama Galileo ışığın sesten en az 10 kat hızlı ilerlediği kanısına vardı.

Işık hızının ilk gerçek ölçümü 1676'da gerçekleştirildi. Ole Römer, Jüpiter tarafından Io uydusunun periyodik olarak tutulmasını gözlemliyordu. Tutulma zamanının yıldan yıla değişiklik gösterdiğini fark etti. Bu değişikliği Dünya ile Jüpiter arasındaki mesafeye bağladı. Dünya Jüpiter'den en uzak konumunda bulunduğunda Jüpiter'den gelen ışık ilave mesafe kat ediyor olmalıydı: Dünya'nın Güneş çevresindeki yörüngesinin çapı kadar. Sonuçta tutulma Jüpiter ile Dünya birbirine en yakın konumda olduğunda daha geç oluyordu. Römer'in zekice ama kaba hesaplama yöntemi ışık hızını saniyede 200.000 km olarak verdi: gerçek değerinin üçte ikisi.[2] Modern ölçümler ışık hızını çok hassas bir değerle saniyede 299.792.548 metre olarak saptamıştır.[3]

Işık hızı son derece hızlı olmanın yanı sıra mutlaktır ve mutlak bir sınırdır. Nitekim gençken "ışık demetinin üzerinde yolculuk etmenin" nasıl bir şey olacağını merak eden Einstein da böyle söylemiştir.

Einstein'ın görüşü 1887'de yapılan meşhur bir deneyin sonucuna dayanıyordu. Bu deney Dünya'nın Güneş çevresindeki yörüngesindeki hareketinin yönü ne olursa olsun ışığın aynı hızda ilerlediğini ortaya koymuştu.[4] Einstein'ın "özel" görelilik kuramı ışığın ilerlemesi için tercih edilen bir referans sisteminin olmadığını öngörüyordu. Göreliliğin tüm o hoş tuhaflıkları ışık hızının sabit olmasına dayanır. Hızlı ha-

reket eden cisimlerin zamanı normalden daha yavaş akar. Cisimler hareket yönünde büzülür. Yine cisimler ışık hızına yaklaşırken kütle kazanır.[5] Bu son etki ışığın mevcut en hızlı şey olmasının anahtarıdır. Herhangi bir cismi veya parçacığı ışık hızına yaklaştırmak onu normal halinden daha ağır yapar. Işık hızına yaklaşan cisim asla o hıza ulaşamaz ve $E = mc^2$ denklemine göre enerji kütleye dönüşürken cisim de ağırlaşır.

Bunun böyle olmasının nedeni ışık hızından daha hızlı yolculuğun imkânsız durumlara yol açmasıdır. Hayal ettiğimiz "yavaş ışığın" dünyasında ışığı geçmeniz zamanı geriye döndürür. Fizikçiler ışıktan daha hızlı yol alan bilginin akla ters düşeceği görüşündeler. Varsayalım ki ışıktan iki kat daha hızlı iletişim sağlayan takyon antitelefonu diye bir aygıtınız var.[6] Eğer bir uzay gemisinin içinde ışık hızının yüzde 90'ıyla Dünya'dan uzaklaşırken annenizle konuşuyor olsaydınız, ona ilk sözünüzü sarf etmeden önce cevabını alırdınız.

Aristo gündelik yaşam dünyasındaki ışıkla ilgili düşüncelerinde temelde haklıydı. Işık pratik nedenlerden dolayı anında yol alır. Işığı açtığımda durup beklemek zorunda kalmam; ışık saniyenin on milyarda biri gibi bir sürede odayı aydınlatır. Işık saniyenin yüz binde biri gibi bir sürede fenerler arasındaki mesafeyi kat ettiği için Galileo'nun tepede yaptığı deney başarısızlıkla sonuçlandı. *Apollo* mürettebatının Ay'da çektiği filmlere bakanlar, radyo mesajının uyduya gidip gelmesi için geçen iki saniyeyi aşkın sürenin yol açtığı tuhaf konuşma kesintilerini hatırlarlar. Evrenin içine yolculuk ışığın bize ulaşması için geçen zamanın uzamasına neden olur.

Bu kitaptaki her bölümün başında ve sonunda yer alan kısa hikâyeler Dünya'yı şimdiki haliyle değil de geçmişteki haliyle tecrübe eden bir gezginin artan şaşkınlığını işliyor. Işığın Güneş'ten bize ulaşması sekiz dakika sürüyor, dolayısıyla onu sekiz dakika önceki haliyle görüyoruz. Işığın Neptün'den bize ulaşması dört saat, en yakın yıldızdan bize ulaşması dört yıl, M31 galaksisinden bize ulaşması ise 2,5 milyon yıl alıyor.

Cisimlerin *şimdi* nasıl göründüklerini sormak anlamsızdır; ışık hızı bilgi edinmeye bir sınır koyar. Işık hızının sonsuz olduğunu hayal edin; o zaman evrendeki her şeyi aynı anda görürdük. Şimdi vuku bulan her şey görünür olurdu. Evrenin bütün bir tarihi eşzamanlı ve anlık olurdu. Eğer evrenin bir sonu varsa onu da görürdük, şayet yoksa o zaman her yönde sonsuz bir mesafe görürdük. Aşırı bilgi yükü olurdu bu.[7] Saniyede 300.000 kilometre inanılmaz bir hız gibi görünebilir ama uzay boşluğunda buradan ayrılıp ilginç bir yere ulaşmak yine de çok çok uzun zaman alabilir.

Işık hızının sınırlı olması uzaktaki nesneleri şimdiki haliyle değil de geçmişteki haliyle görmemize neden olur. Uzak ışık eski ışıktır. Zamanda geriye bakma olgusu kozmolojinin temel bir özelliğidir, çünkü evren bilimine zaman boyutunu katar. Jeologlar gezegenin şimdi nasıl hareket ettiğini anlamak için kaya yüzeylerini incelerler; gezegenin geçmişte nasıl davrandığını anlamak için de kaya katmanlarını veya tabakalarını kazarlar. Aynı şekilde, astronomlar da evrenin şimdiki halinin şipşak resmini çekebilmek için yakın galaksileri, evrenin geçmişte nasıl göründüğünü öğrenmek içinse uzak galaksileri incelerler.

Hubble genişlemesi, bütün galaksiler arasındaki mesafe büyürken evrenin genişlediğini ve dağınıklaştığını gösteriyor. Evren evriliyor, ama bunun galaksiler için de geçerli olması şart değil. Her şeyden önce galaksiler gergin bir lastik banda yapıştırılmış ataşlara veya şişen bir balona yapıştırılmış boncuklara benziyor. Uzay-zamanın temel hareketinden ayrı kendi hallerinde görünüyorlar. Tek çıkış yolu galaksilere uzak mesafeden bakıp onların geçmişteki hallerinin şimdiki hallerinden farklı olup olmadığını görmektir. Bundan dolayı "şimdiyi" ve "geçmişi" tanımlamak kaçınılmaz. Kozmolojik ilke diyor ki, eğer 300 milyon ışık yılı genişliğinde bir uzay bölgesini göz önüne alırsak orada yaklaşık 100 milyon galaksi görürüz. Evrenin böyle bir kısmı o kadar çok galaksi içerir ki,

parlak kuasarlar gibi en nadir türler bile temsil edilir. 300 milyon yıl geçmişe bakış evrenin yaşının sadece yüzde 2'sidir, bu nedenle şimdi veya en azından yakın geçmiş sayılabilir. Eğer evren evrilmeseydi ileriye bakmamızın bir anlamı olmazdı, çünkü az çok aynı şeyi görürdük.[8]

Öte yandan geçtiğimiz yüzyılın ortasında astronomlar genişleyen evrenin geçmişte şimdikinden çok farklı olduğunu düşünmeye başladılar. Sadece daha küçük ve daha yoğun değil, aynı zamanda daha sıcak olsa gerekti. Dolayısıyla astronomlar daha eski ve sönük galaksileri arama heyecanına kapıldılar. Evren nasıl ortaya çıktı sorusunu cevaplandırmak için uzaya bakmamız gerekiyor.

BÜYÜK AYNA

Modern kozmolojide teleskop zaman makinesi, astronom da koltuğunda oturmuş kökenlerimize doğru yol alan zaman gezginidir.

Evrende dolaşmak ve zamanda geriye gitmek için giderek daha fazla ışık toplamak yeterli değil midir? O kadar basit değil. Eğer bütün galaksiler aynı olsaydı ve standart bir ampul gibi gayet muntazam bir parlaklığa (bir elektrikçide 10^{38} vatlık bir ampul bulmaya çalışın) sahip olsaydı farklı mesafelerdeki galaksilerin yerini saptamak kolay olurdu. Varsayalım ki 100 milyon ışık yılı uzaklıkta Samanyolu gibi bir galaksi 1 metrelik bir teleskopla bir saatlik pozlamayla belli belirsiz tespit edildi. Gelin, daha iyisini yapmak için rakamlarla oynayalım. Herhangi bir kaynaktan gelen ışığın mesafenin karesi kadar söndüğünü hatırlayalım. İki kat uzaktakini görmek için dört kat ışık toplamanız gerek. Bunu da dört saat ışık toplayarak veya 2 metrelik teleskop kullanarak yapabilirsiniz. Bu teleskopla yapacağınız bir saatlik gözlem aynı miktarda ışığı toplamaya yeter. Işık galaksiden ayrılıp uzaya her yönde yayılır, bu nedenle saptamanın zorluğu mesafenin karesi kadar artar.

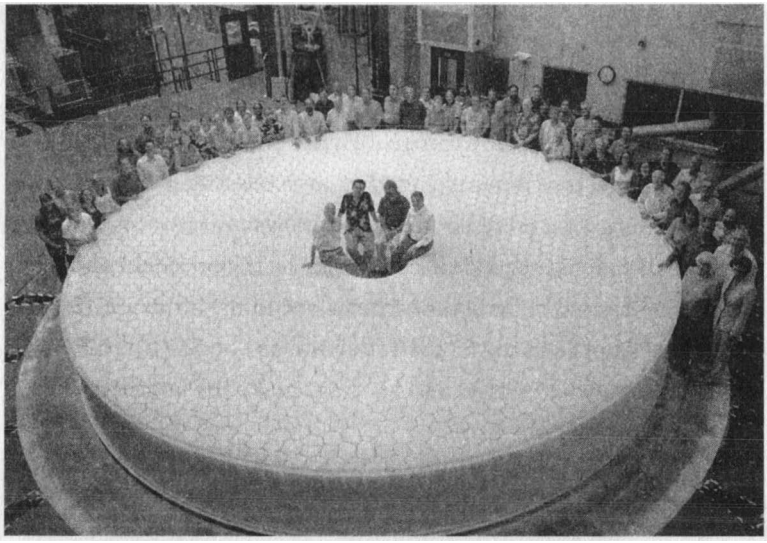
Bu resimdeki asıl sorun galaksilerin hepsinin aynı olmamasıdır. Yıldızlarda olduğu gibi, her büyük galaksiye karşılık pek çok cüce galaksi vardır. Samanyolu'ndan çok daha aydınlık galaksilere nadiren rastlanır, ama her Samanyolu'na karşılık, onunkinin yüzde 10'u aydınlığında orta ölçekli üç galaksi, yüzde 1'i aydınlığında ise 10 cüce galaksi vardır.[9] Belli bir uzaklıkta olan Samanyolu benzeri bir galaksiyi saptayacak herhangi bir araştırma, daha kısa mesafedeki cüce galaksileri de saptayabilir ve cüce galaksiler için dev galaksilere nispeten daha küçük bir hacmi taramasına rağmen daha fazla sayıda cüce galaksiye rastlayacaktır. Sonuçta gökyüzünün herhangi bir derin görüntüsü uzak mesafelerdeki birkaç parlak galaksiyi ve çok daha kısa mesafelerde "dağınık" pek çok cüce galaksiyi verecektir. Bunları sınıflandırmak kızıla kaymaları ölçmek için spektroskopiyi gerektireceğinden bu da ancak büyük bir teleskopla gerçekleştirilebilir.

Genişleyen evren bize bir şeyler verip geri alır. Genişleme bize büyük bir evren sunar ve bu evrene bakarak geçmişe dönüp kökenlerimizi öğrenebiliriz. Fakat uzay-zamanın genişlemesi uzaktaki bir cismin ışığını, ters kare yasasına göre öngörülen miktardan daha fazla söndürür. Burada iki fazladan etki söz konusudur.[10] Gelen fotonların oranı azalır, çünkü her bir foton bize ulaşmak için öncekinden daha uzun bir mesafeyi kat etmek zorundadır. Dahası her bir fotonun enerjisi kızıla kaymanın genleştirici etkisi yüzünden azalır. Gelin bunun, kayda değer kızıla kaymaya sahip galaksileri ve geçmişe bakış zamanlarını nasıl etkilediğini görelim. "Lokal" evrenin sınırı olan 300 milyon ışık yılı mesafedeki Samanyolu benzeri bir galaksiye oranla, evrenin yaşının yüzde 25'i kadar eski bir galaksiyi saptamak iki kat daha zordur, evrenin yaşının yüzde 50'si kadar eski bir galaksiyi saptamak 10 kat daha zordur ve evrenin yaşının yüzde 75'i

kadar eski bir galaksiyi saptamak 60 kat daha zordur. Bu zorluğun sebebi ilave ışık toplama zorunluluğudur; işte bu yüzden astronomlar giderek daha büyük teleskoplar yapmaya uğraşıyorlar.

Teleskopların tarihinden bahsederken, Edwin Hubble ile Milton Humason'un evrenin yapısını araştırmak için Palomar'da yeni yapılmış 5 metrelik teleskopu kullandıklarını söylemiştik. Başta hatalı yapılan 6 metrelik Rus teleskopunu saymazsak, "Büyük Göz" ismi takılan Palomar reflektörü yaklaşık yarım asır boyunca dünyanın en büyük teleskopu olarak kaldı. Teleskop yapmak masraflı ve güç bir iş, çünkü aynanın bir tepenin üzerine konuşlandırılması ve bir kubbeyle korunması gerekiyor. Herschel'den Hale'e uzanan bir asırlık zaman zarfında teleskopun maliyeti neredeyse aynanın çapının küpü kadar arttı. Bu artış toplama kapasitesindeki büyümeden fazla olduğu için pazarlığa olanak tanımıyordu.

Fahiş şekilde artan maliyeti durdurmak için teknik yeniliğe ihtiyaç vardı. 1993'te ilk 10 metrelik Keck teleskopu Hawai'deki Mauna Kea Dağı'nda ilk ışığı gördü, üç yıl sonra da, ikizi inşa edildi. 4 metrelik Kitt Peak teleskopu 1973'te 10,7 milyon dolarlık bir maliyetle inşa edilmişti. Maliyet artışı ve enflasyon oranı göz önüne alındığında Keck teleskobunun maliyetinin 400 milyon dolara ulaşmış olması beklenirken 100 milyon dolarla sınırlı kaldı; epey tasarruf edildi. Parabolik yüzeye mozaik kaplama yapmak için hafif altıgen parçaların kullanıldığı Keck teleskopları önceden yapılan büyük teleskoplardan daha küçük ve hafifti. Her iki Keck teleskobu Kitt Peak teleskobundan altı kat daha büyük toplama kapasitesine, ama aynı hareketli kütleye ve kubbe büyüklüğüne sahipti. Kaliforniya Üniversitesi'ndeki Jerry Nelson mozaik yaklaşımının mimarı ve öncüsüdür (Şekil 9.1).



Şekil 9.1. Modern büyük teleskoplarda Keck teleskoplarında olduğu gibi, ayrı ayrı parçalardan gelen ışığı toplayan bir tasarım veya bu fotoğrafta görülen 8,4 metrelik Büyük Sinoptik Araştırma Teleskobu'nda olduğu gibi tek parça ayna kullanılır. Peteksi yapı, büyüklüğüne göre çok hafif kalan bir ayna oluşturur.

Roger Angel Arizona Üniversitesi'nde büyük bir teleskop inşa etmek için benzer bir yol izledi. Orada bir profesör olarak, futbol antrenörünün başkandan iki kat fazla, fakülte hocasından ise kat kat fazla maaş alması sinirime dokunuyordu. Öğrencilerime de söylediğim gibi, bir futbol stadında olabilecek en iyi şey, çim sahada değil de doğu tribününün altında, Angel ve ekibinin dünyanın en büyük ve en hassas aynalarını konuşlandıracağı yerde olabilir.

Angel'in yaklaşımı tek bir büyük aynayı hafif ve biraz içbükey yapmaktı, böylece teleskop daha ufak olacak ve fazla yer kaplamayacaktı. Bu cin fikir Nike'ın kurucusu Phil Knight'ın hikâyesiyle tuhaf biçimde benzeşiyordu. Oregon Üniversitesi'nde orta mesafe koşucusu olan Knight zamanın hantal ayakkabılarından bezmişti. Annesinin tost makinesiyle

deneyler yapıp zaman içinde onu heba ederken hafif ve esnek ayakkabı kalıpları yapabileceğini fark etti. Angel da tost makinesiyle deneyler yapmış ama çeşitli plastik türlerini kullanmıştı. O da petek yapının malzemeye dayanıklılık, sertlik ve hafiflik kazandıracağını keşfetti. Bu arada muhtemelen birkaç tost makinesini de çöpe gönderdi ama en azından annesini uyuz etmedi.

Dolayısıyla hemen hemen her yıl mühendisler futbol stadında seramik elyaftan yapılma 1680 altıgen kalıbı silikon karbürden yapılma silindir tüpün içine dikkatlice sabitlerler. Bu kalıpların her yanında 1 santimlik boşluk vardır. Kalıpların üstü ayna yüzeyinin parabolik hatlarına göre tasarlanır; birbirinin aynısı olan iki kalıp yoktur. Sonra 23,5 ton ağırlığındaki camı 4,5 kiloluk parçalar halinde her birini tetkik ettikleri kalıpların üzerine yerleştirirler. Cam Japonya'nın kuzeyindeki Hokkaido adasında bulunan bir aile dökümhanesinden gelir. Eşsiz bir saflığa ve homojenliğe sahiptir ve camın uzaklardaki karlı bir adada küçük kazanlarda yapılması ona Zenvari bir nitelik kazandırır. Fırın kapalıdır ve dikkatlice ayarlanmış bir sıcaklık çevrimiyle çalışmaya başlar. Cam erime noktasına ulaşınca kalıplar arasındaki boşluğu doldurur ve kalıpların üstünde 2,5 santim kalınlıkta bir tabaka bırakır. Fırının dönmesi parabolik bir yüzey yaratır. Fırının içindeki ısıya dayanıklı kameralar süreci baştan sonra gözetler.

Büyük Sinoptik Araştırma teleskopu diye adlandırılan ulusal bir proje için tasarlanmış 8,4 metrelik bir aynanın döküm işlemini gayet net hatırlıyorum. Futbol stadının altındaki kocaman mağaramsı mekânda bile fırın görkemli görünüyordu. 120 metre çapında 60 metre yüksekliğindeki fırın elektrik kabloları ve devreler ağıyla kaplanmıştı. Üç gündür dönüyordu ve 760°C'lik azami ısısına erişmek üzereydi. Her on saniyede bir dönüşünün çıkardığı gürültü kulakları sağır edecek seviyedeydi ve yanıp sönen ışıklar ve ısı dalgalarının darbeleriyle mekân sanki cehennemde delice dönen bir atlı-

karınca gibiydi. Angel ve ekibi ısıdan korunmak için büyük gözlükler ve beyaz paltolar giymişlerdi ve tam anlamıyla çılgın bilimciler gibi görünüyorlardı.

Sonraki adım: sabır. Ekibin fırının kapısını açıp "kekin" nasıl olduğunu görmeleri için üç ayın geçmesi gerekiyordu. Bu, büyük bir aynanın soğuyup tavlanması için gereken süredir. Neyse ki minik baloncuklar yoktu ve yüzey pürüzsüzdü. (Dökümden sonra, ayna beklenenden yarım ton daha hafif olmuş ve hiç kimse eriyen camın nereye gittiğini çözememişti.) Sonra ayna fırından dikkatlice çıkarıldı ve parlatma aletinin üzerine konuldu. Yanlış bir adım felaketle sonuçlanabilirdi. Bilgisayar kontrollü bir makine ve kuyumcu kırmızısı bir maddeyle yüzeyi düzeltmek altı ay alır. Parlatma işi bitince parabolik aynanın yüzeyi bir santimin dört yüz binde biri hassasiyetinde olur. Onunla 15 km ötedeki bir gazeteyi okuyabilirsiniz. Kuzey Amerika'yı ölçek alırsak, en büyük pürüzler 2,5 cm yüksekliğinde tümsekler ve çukurlar olur.

Yere konuşlandırılan teleskoplar canlı bir evreden geçti. Geçtiğimiz 20 yılda on sekiz tane 6 metrelik ve bundan daha geniş ışık deliğine sahip teleskop yapıldı. Bunların hepsinde ya Jerry Nelson'ın lazerle hizalanmış mozaik yöntemi ya da Roger Angel'in yekpare ince ayna yöntemi kullanıldı.[11] Bugün 20 ila 40 metrelik dev teleskoplar planlanıyor. Büyük teleskopların ömrünün yaklaşık yüzde 40'ı Samanyolu'nun ötesindeki evreni incelemek isteyen rakip meslektaşların çalışmalarına yardımcı olmakla geçer. Galaksilerin hikâyesini anlatmak için "büyük ayna" şart olmuştur.

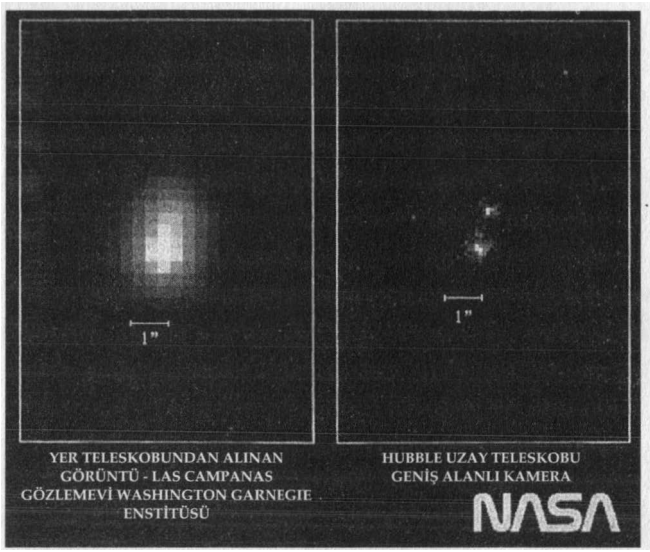
Bazen 80 metrekarelik ışık toplama alanı bile yeterli olmaz. Uzak galaksileri net olarak görmek için astronomlar uzayda teleskop kurmaya yöneldiler.

Uzayda astronomi zor ve çok pahalıdır. Kocaman bir teleskopu uzaktaki bir dağın tepesine değil de Dünya yörüngesine konuşlandırmak mümkündür. Yere konuşlandırılan cihazlar uzaydakilerden daha kolay test edilebilir, ayarlana-

bilir ve yenilenebilir. Işık toplama alanı hesaba katıldığında, yörüngede dolanan teleskoplar sabit teleskoplardan 30 ila 50 kat daha pahalıdır. Yine de galaksilerin en derin görüntüsünü Hubble Uzay Teleskopu elde etmiştir. Buna rağmen bu teleskop Dünya'nın en büyük 50 teleskobu listesine giremedi. Bu nasıl oluyor?

Uzay boşluğu, teleskobu Dünya'nın atmosferindeki türbülans hareketlerinin yol açtığı bulanıklıktan kurtarır. Yakın zamana kadar görüntü bulanıklığı yere konuşlandırılmış 25 santimden daha büyük teleskopların, prensipte optik donanımın sağlaması gereken görüntü kalitesini elde etmesini engelliyordu (Şekil 9.2). Astronomların yeryüzünde yapabilecekleri en iyi şey, teleskobu şehir ışıklarından ve medeniyetten uzakta ve havanın çoğunu içeren atmosfer tabakasının üstünde bulunan yüksek bir dağın tepesine konuşlandırmaktır. Ne var ki görüntü hareketi ve bulanıklık çoğu zaman yüksek atmosferde gerçekleşir. Galaksinin ışığının milyarlarca ışık yıllık mesafeyi dümdüz bir yol izleyerek kat edip son 10 milde eğilmesi en hafif tabirle sinir bozucudur. Uzaydaki teleskoplar bu sorundan muaftır.[12]

Son zamanlarda "Uyarlanabilir optik" yerden elde edilen görüntüyle uzaydan elde edilen görüntü arasındaki mesafeyi kapatıyor. Teleskopun çevrildiği yönde güçlü bir sodyum lazeri parlar. Lazer ışığı görüntü bulanıklığının olduğu üst atmosfer tabakasından geri yansır ve dalgalardaki sapmalar saniyede 50 kez kaydedilir. Teleskopun, arka yüzeye monte edilmiş kumanda tarafından saniyede 50 kez ayarlanmasına uygun esneklikte ve incelikte özel bir ikinci aynası vardır. Ayarlama hızı görüntü bulanıklığını olabildiğince gidermek üzere belirlenir. Bu yolla teleskop üst atmosferde olan şeyleri tastamam telafi ederek olabildiğince net görüntü elde eder. Bu okyanusun yüzeyindeki karmaşık ve hızla değişen yansımalara bakıp daha sonra onu değirmen havuzu gibi düz gösteren "sihirli" gözlüğü takmaya benzer.



Şekil 9.2. Hubble Uzay Teleskopu ile gözlemlenmiş küresel yıldız kümesi sağda, yere konuşlandırılmış aynı büyüklükteki bir teleskopla gözlemlenmiş olanı da solda. Görüntünün netliği artınca parlaklığı azalıyor. Uzay gözlemlerinin çözünürlük açısından çoğu avantajı, yüksek dağların tepesindeki teleskoplarda uyarlanabilir optiğin kullanılmasıyla yakalanmıştır.

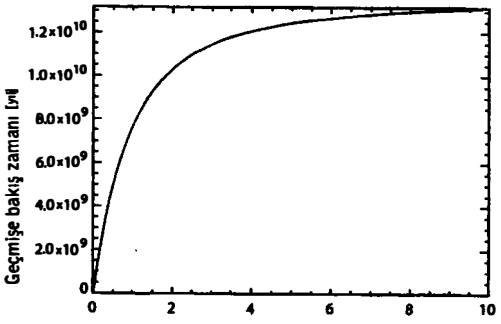
Uzayda görüntülemenin yerde görüntülemeden tartışmasız avantajlı olduğu bir husus vardır: gökyüzünün aydınlığı. Yıldızlardan ve galaksilerden gelen ışık siyah bir arkaplan üzerinde saptanmaz; dağınık emisyon gökyüzünü doldurur. Bu emisyonun çoğu binalardan, arabalardan, sokak lambalarından, fabrikalardan ve reklam panolarından gelen ışıkların oluşturduğu "kirlilik"tir. Çoğu insan bir şehirden veya banliyöden uzaktaki kırsal bir ortama gidildiğinde gece gökyüzünde yıldızların çok daha berrak göründüğünü bilir. Fakat yeryüzünde en karanlık yerde olsanız bile gökyüzü tamamen karanlık değildir; gökyüzü üst atmosferdeki kimyasal tepkimelerle belli belirsiz aydınlanır. Uzaydaki bir teleskop bu "gök aydınlığından"

kurtulur, dolayısıyla Hubble Uzay Teleskopu gökyüzünü en karanlık dağın tepesindeki gözlemevinden bile altı kat daha karanlık görür. Bu avantaj özellikle galaksilere bakarken önemlidir, çünkü galaksi ışığı aynı aydınlıktaki bir yıldız ışığıyla kıyaslandığında gökyüzünün daha geniş bir alanına yayılır.

Uzay karanlık bir gökyüzü, daha net görüntüler ve daha kararlı gözlem koşulları sunar. Bundan dolayı mütevazı 2,5 metrelik Hubble Uzay Teleskopu şimdiye kadar gözlemlenmiş en uzak ve en sönük galaksilerle ilgili rekorlar kırmıştır.

GALAKSİLERİN OLUŞUMU

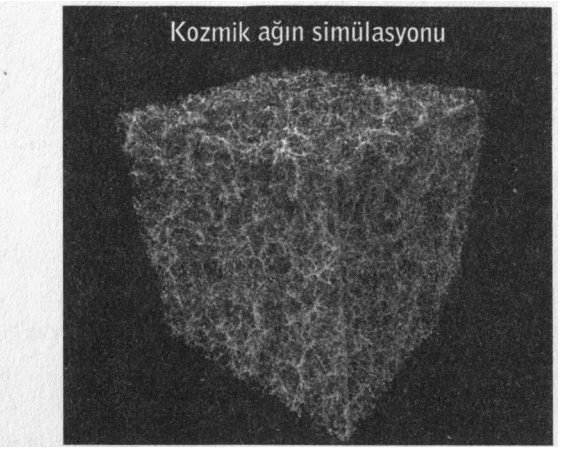
Kozmik zamana geri döndüğümüzde genişleyen evrenin değişen özelliklerinin izini sürmenin bir yolunu bulmalıyız. Kızıla kayma oranı gözlemlenen başlıca özelliktir. Bu oran, civardaki benzer bir ışıma kaynağına oranla gözlemlenen radyasyon ışığının dalga boyundaki yüzdelik artıştır ve genellikle boyutsuz sayı olarak verilir. Saç (Coma) Kümesi'ndeki galaksiler 0,023 oranında kızıla kaymaya sahiptir ve bu da onların ışığının yüzde 2,3 kızıla kaydığını gösterir. 3C 273 kümesindeki galaksiler ise 0,158 oranında kızıla kaymaya sahiptir ki bu onların ışığının yüzde 15,8 oranında kızıla kaydığını gösterir. 1'den az (dalga boyunda yüzde 100'lük artıştan az) oranlardaki kızıla kaymalarda, kızıla kayma ışık hızının bir bölümü olarak uzaklaşma hızına neredeyse eşitlenir. Kızıla kaymayı mesafeye ve geçmişe bakış zamanına çevirmek evrenin genişlemesine ilişkin bir modele sahip olmayı gerektirir (Şekil 9.3). Kozmolojik kızıla kayma artı birin açıklaması çok basittir. Bu, evrenin şimdiki büyüklüğünün ışık yayıldığı sıradaki büyüklüğüne oranıdır.[13]



Şekil 9.3. Dikey eksende geçmişe bakış zamanı yatay eksende kızıla kayma gösterilmiştir. Aradaki ilişki 13,7 milyar yıl yaşında olan ve kabaca karanlık enerjinin üçte ikisini, karanlık maddenin üçte birini ve normal maddenin de yüzde birkaçını içeren bir evreni öngörür. Kızıla kayma z, kozmolojik modda uzaklaşma hızıyla bağıntılıdır. Daha temelde, 1 + z, z ile kızıla kayan bir cisim tarafından ışıma yayıldıktan sonra evrenin genişleme oranıdır.

Büyük ağaçlar küçük tohumlardan serpilir. Galaksilerin oluşumu ve evrimi için öne sürülen paradigma, evrenin düz olarak başlayıp kütleçekiminin etkisiyle pütürlü bir şekle büründüğüdür: yukarıdan aşağıya yapı oluşumu. Karanlık madde normal maddeye baskın çıktığından galaksilerin oluşma biçimi büyük ölçüde karanlık maddenin özelliklerine bağlıdır. Evrenin bu başlıca unsurunun doğası hakkında bir fikre sahip olmadığımız için kozmoloji biraz belirsiz kalmıştır. Öte yandan karanlık madde adaylarının elenme sürecinden sonra geriye kalan tek seçenek temel bir atomaltı parçacığıdır. Bu parçacık evrenin tarihinin erken evresinde ışık hızından daha yavaş hareket etmiş olmalıdır, dolayısıyla onun –fizik diliyle– "soğuk" olduğu düşünülmektedir. Yapı soğuk karanlık madde tarafından biçimlendirilmiştir.[14]

Karanlığın örtüsü altında görünmeyen karanlık madde düz bir evreni yavaş yavaş kütleçekiminin dalgalı okyanusuna soktu. Kütleçekimi kuyuları zamanla derinleşip birleşti ve küçük "haleler" kademeli olarak daha büyük kütle halele-



Şekil 9.4. Bir bilgisayar erken evrendeki düzgün bir gaz dağılımının 13 milyar yıl sonra galaksi gibi cisimlere nasıl dönüştüğünün simülasyonunu verebilir. Bu simülasyon küpünün yüzeyine baktığımızda daha beyaz gölgeler yüksek gaz yoğunluğunu temsil eder. Bölgenin bir yanı 300 milyon ışık yılı genişliğindedir ve bu hacmin içinde karanlık ve görünür maddenin birikmesi milyonlarca galaksi meydana getirir.

rine dönüştü. Normal madde karanlık maddenin kütleçekim kuyularının içine kayıp orada birikti. Uygun koşullar altında yoğunlaşıp bir yıldız galaksisine dönüştü. Galaksi oluşumuyla ilgili bilgilerimiz yarım yamalaktır, çünkü yıldız oluşumunun fiziği, yıldızların milyarlarca ışık yılı uzaklıkta oluştuğu yerleri bir kenara bırakın, Orion Nebulası gibi yakınımızdaki bir durum için bile tam olarak anlaşılmış değildir (Şekil 9.4).

Bizler galaksileri görüp onların hikâyenin asıl kahramanı olduğunu sanıyoruz, ama aslında onlar ince lastik bir tabakanın deliklerinde duran küçük bilyelere benzer. Karanlık madde tabakasının değişen şekli galaksileri, yıldızları, gezegenleri ve elbette insanları nerede arayacağımızı söyler.[15]

Aşağıdan yukarıya yapı oluşumu kuramı basit varsayımlarda bulunur. Evrenin tarihinin herhangi bir anında büyük

karanlık madde halelerinden çok daha fazla sayıda küçükleri olsa gerekti. Önce küçük karanlık madde haleleri oluşur ve bunlar adım adım birleşerek büyüklerini meydana getirir. Normal madde karanlık madde halelerinin içine akıp görünür galaksiler oluşturduğundan söz konusu kuram büyük galaksilerden çok daha fazla cüce galaksi olduğunu ve ilkin cüce galaksilerin oluşup ardından onların birleşmesinden büyük galaksilerin meydana geldiğini öngörür.[16]

Peki, bu kuram ne kadar doğrudur? Genel olarak doğru görünmektedir, çünkü galaksimizin ağzının kenarlarında yiyecek artıkları olduğunu gözlemledik ki bu da geçmişte olduğu gibi şimdi de küçük galaksilerle beslenerek büyüdüğünü gösteriyor. Öte yandan fiili araştırma konusu olan bazı uyuşmazlıklar da söz konusu.

Karanlık madde soğuk ve sadece kütleçekimini hissettiği için normal madde gibi yoğunlaşmış halde değildir. Öte yandan yıldızlar ve yoğun cisimler ekseriyetle normal maddeden oluşurlar. Normal madde gaz yayar, ışımayla etkileşime geçer ve galaksilerin oluşması ve evrilmesi için birçok zorluk yaratır. Bir okulu hayal edin. Karanlık madde okul ve onun çalışanlarıdır. Bina öğrenmenin çatısı ve mekânıdır ve çalışanlar hiyerarşiye tâbidir: Stajyer öğretmenler ve asistanlar öğretmenlere, öğretmenler başöğretmenlere, onlar da müdüre rapor verirler. Bu kadroya bir de çocukları ekleyin, kıyamet koptu demektir. Sınıfa gidebilirler de gitmeyebilirler de, kuralları takip edebilirler de etmeyebilirler de; ve birbirleriyle, öğretmenlerle ve hiyerarşiyle türlü tuhaf yollardan etkileşim kurabilirler. Bu benzetmede çocuklar galaksileri oluşturan hammadde olarak normal maddenin yerini tutar.

İşte size evrendeki yapıların nasıl oluştuğuna dair basit kuramı altüst eden bazı şeyler. Lokal evrende olması gerektiği kadar cüce galaksi yoktur. Bu da demek oluyor ki bütün büyük karanlık madde halelerinin içinde birer galaksi mevcuttur ama çok sayıda küçük karanlık madde halesi boştur.

Bunun tercih edilen açıklaması bu küçük haleler ilk başta galaksi oluşturmuş, ama yıldız oluşumunun ilk hızlı aşamaları bütün gazı zayıf kütleçekiminin etkisinden sıyırıp dışarı atmış ve daha sonra evren yeni gaz bulutlarının içeri düşüp yıldız oluşturmasına imkân tanımayacak kadar genişlemiştir. Dolayısıyla küçük galaksilerin çoğu başlangıçta çılgın bir parti verirken şimdi ışıklar sönmüş ve konuklar da sızıp kalmıştır.

Diğer bir sorun da astronomların, bütün yıldızlarını evrenin geçmişinin erken döneminde oluşturmuş büyük galaksileri ve epey yakın zamanlara kadar yıldızlarını oluşturmayı sürdürmüş küçük galaksileri gözlemlemiş olmalarıdır. Bu durum aşağından yukarı yapılanma kuramına ters düşmektedir.

Bu muammanın çözümü her galaksinin çok büyük bir kara delik barındırdığı ama bu kara deliklerin sadece zamanın bir bölümünde faal olduğu gerçeğiyle ilişkilidir. Geçtiğimiz on yılda Hubble Uzay Teleskopu'ndan edindiğimiz veriler kara deliklerin galaksilerin merkezinde yer aldığını ve kara delik kütlesinin onu barındıran galaksideki eski yıldızların kütlesiyle orantılı olduğunu göstermiştir.[17] M87 gibi masif bir eliptik galaksi Güneş kütlesinden birkaç milyar büyük bir kara deliğe ve Samanyolu Güneş kütlesinden 4 milyon kat büyük bir kara deliğe sahiptir. Ayrıca Güneş kütlesinden on binlerce kat büyük kara delikler cüce galaksilerde ve yuvarlak kümelerde yer almaktadır. Doğa çok çeşitli büyüklükte kara delikler oluşturmuştur; en küçüğünün kütlesi 1 birimken en büyüğünün kütlesi 1 milyar birimden fazladır.

Kara delikler içeriye düşen gazdan ve galaksileri büyüten topyekûn birleşmelerden enerjilerini alıp büyür. Galaksilerin ve kara deliklerin hikâyesi kozmik tarihin paralel hikâye izlekleri olsa gerek. Aslında bağlantı daha yakındır. Galaksiler aktif olduklarında veya kuasar olarak "devreye girdiklerinde" gaz dışarı atılıp yıldız oluşumu bastırılabilir. Çok büyük kara delikler küçük galaksilerden büyüklerine uzanan basit yıldız oluşumu sürecine katılır. Evrenin ilk döneminde birleşmeler

çabucak masif galaksiler ve onların içinde de masif kara delikler yaratmıştır ve onların aktif evreleri parlak kuasarlara tekabül eder. Samanyolu gibi galaksiler birleşmelerle ve galaksiler arası uzaydan sürekli gaz düşüşüyle büyür. Orta büyüklükteki bir galakside yıldız oluşumu, düzensiz şekilde aktifleşen kara delikten dışarıya sızmalarla yakın zamana kadar uzamıştır.[18]

Tohumlardan çokça ağaç yetiştirdik ama ağaçlara takılıp bütün bir ormanın manzarasını yitirmek kolaydır. Öyleyse gelin geri dönüp galaksi oluşumuna geniş çaplı göz atalım.

Günümüzün evreni geniş, soğuk ve nispeten sakindir. Galaksiler birbirlerinden çok uzakta olduğundan nadiren karşılaşır veya birleşirler ve galaksiler arası uzayda yıldız oluşumu için fazla taze gaz yoktur. Diskler bazen cüce galaksileri yutarak yıldız oluşumunu ılımlı düzeyde tutar. Kara delikler ana galaksileriyle orantılı büyümüştür ama görkemli günleri geride kalmıştır. Çoğu yakıt sıkıntısı yaşar ve zayıf nükleer faaliyete sahiptir. En masif kara delikler kuasar evresine girebilir ama sadece küçük bir zaman dilimi boyunca. İşte bu sizin şimdiki cansız, hantal ve ihtiyar evreniniz.

Evrenin şimdiki yaşının yarısı yaşındaki haline dönelim. O zaman galaksilerden yayılan ışık 0,8 oranında bir kızıla kaymaya sahipti, dolayısıyla evren şimdiki büyüklüğünün yarısı kadardı ve şimdikinden iki kat daha sıcaktı. Her şey fevkalade canlıydı; yıldız oluşumuna ve nükleer faaliyete yakıt sağlayacak bolca gaz vardı, dolayısıyla bu faaliyetler şimdikinden 20 kat daha yoğundu. En masif galaksiler ve kara delikler tam teşekküllü oluşmuştu ama orta büyüklükteki cisimler çok faal şekilde birleşip yakıtla beslenmeye devam ediyordu. Bu da sizin genç evreniniz.

Şimdi de evrenin şimdiki yaşının çeyreğinde olduğu evreye, bu bölümün giriş öyküsündeki duruma dönelim. O zaman kızıla kayma 2 değerindedir, dolayısıyla evren şimdiki büyüklüğünün üçte biri kadardır ve şimdikinden üç kat daha sıcaktır. Elde etme, birleşme ve düşmanca el koyma gibi et-

kinlikler tam gaz cereyan ediyor. Genç evrende açgözlülük iyi bir haslet. Çoğu galaksi henüz olgunlaşmamış veya tam oluşmamış ama büyüme evrelerinin en hızlı zamanındalar. Nükleer faaliyet için gereken yakıt bol. Yıldız oluşumu ve nükleer faaliyet düzeyleri bugünkünden 1000 kat yüksek. Ne eğlenceli! Bu da sizin haşarı ergen evreniniz.

Bu zamandan önce bilgi parçalıydı. Yere konuşlandırılmış büyük teleskoplar ve Hubble Uzay Teleskopu zamanda daha geriye gitmek için sınırlarını zorlayarak çalışıyor. Gözlem sınırlarında bulunan bir galaksi Samanyolu'na komşu aynı büyüklükteki bir galaksiden 10.000 kat daha sönüktür ve yıldız enerjisinin büyük kısmı kızılötesi dalga boylarına uzandığı için, optik bir teleskobun pek zayıf ışık ışınlarını yakalamaktan başka çaresi kalmaz.

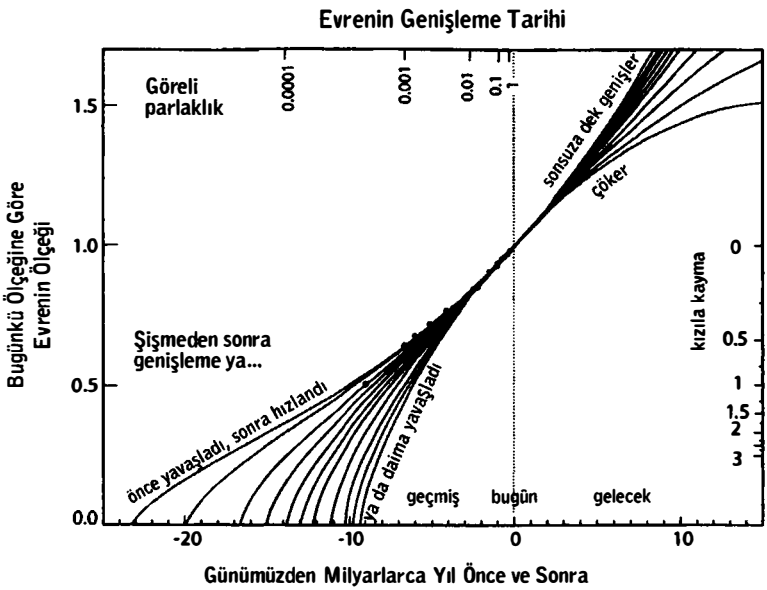
GÖLGELER VE IŞIK

Evren karanlık ve ışıktan oluşmaktadır. Çin düşüncesindeki yin ve yang'ın chi enerjisi gibi döngüsel olabilir.[19] Bir yıldız karanlık gaz ve tozdan oluşup ışığa dönüşebilir ve yaşamının sonunda yeni yıldızların parçası olmak üzere bazı materyali karanlığa geri yollar ve karanlık bir çekirdek haline gelerek durgunlaşır. Astronomlar evrenin genişlediğini ilk kez fark ettiklerinde ışıkla karanlık arasında bir gerilim olduğunu anladılar. Eğer genişleme gözlemlediğimizden çok daha hızlı olsaydı gaz kütleçekimine göre aşırı hızlı incelip yıldız ve galaksi oluşumuna olanak vermezdi. Diğer yandan eğer genişleme gözlemlediğimizden çok daha yavaş olsaydı gaz tek bir masif kütle halinde birikirdi veya evren hemen baştaki haline çöker ve yine yıldızlar ve galaksiler oluşmazdı.

Keck Teleskopu'ndan Hubble Uzay Teleskopu'na varıncaya kadar dünyanın en iyi teleskoplarının hepsi uzaya bakıp zamanda geri giderek evrenin genişleme tarihinin izini sürmeye çalışmıştır.

Galaksilerin geçmişi görmeye çalışan astronomlara bir faydası yoktur, çünkü, gördüğümüz gibi, onların özellikleri büyük ölçüde değişmekte ve galaksinin büyüklüğü veya parlaklığı mesafesinin güvenilir bir göstergesi olmamaktadır. Peki ya, Hubble'ın 1920'lerde yaptığı gibi, Sefe değişkeni yıldızlarını kullanmak işe yarar mı? Sefe değişkenleri iyi standarda sahip "ampuller"dir ama hâlâ lokal evren olan 100 milyon ışık yılı genişliğinde bir galaksinin ötesindeki Sefeleri bulup çıkarmak zordur. 1990'larda genişlemenin tarihini ölçmek için gözde araç bir ikili yıldız sisteminde gerçekleşen süpernovaydı. Büyük bir yıldız, beyaz cüce eşinin üstüne gaz püskürtür ve eşi süpernova olarak infilak eder. Kütle beyaz cüce üzerine mütemadiyen "püskürtüldüğü" için gayet öngörülebilir şekilde patlar ve kritik kütlenin hemen üstüne çıkacak kadar kademeli kütle ilavesi yapıldığında plütonyum gibi "standart bomba"ya dönüşür. Süpernova bütün bir galaksinin aydınlığına rakip olabilir, bu nedenle muazzam mesafelerden bile gözlemlenebilir. Süpernovalar uzaklığı ve geçmişi ölçmede harika araçlardır.

1990'larda iki grup bu proje üzerinde hummalı çalışmaya başlayıp patlama anlarını yaşayan bir süpernova bulabilmek için gökyüzünün geniş bir alanından görüntü alıp daha sonra mutlak parlaklık ölçüsü olarak en yüksek parlaklığı ve sönüm hızını kullandılar. Işığın şiddeti mesafenin karesi oranında azaldığından mutlak parlaklık ile görünür parlaklığın toplamı mesafeyi verir. Astronomi camiası küçüktür; her iki araştırma ekibindeki kişiler birbirlerini tanıyorlardı ve rekabet iyi niyetli ama şiddetliydi. Her iki grup da ne bulacağına dair kesin bir beklentiye ve umuda sahipti. Genç evren birbirine yakın oldukları için daha yoğun kütleçekimi uygulayan ve dolayısıyla kozmik genişlemeyi yavaşlattığını tahmin ettiğimiz galaksilere sahipti. Uzak süpernovaların sabit genişleme halindekinden daha yakın ve daha parlak olmaları bakımından, uzun geçmişe bakış zamanlarında eğriyi, doğrusal Hubble ilişkisinin vermesi bekleniyordu.



Şekil 9.5. Süpernovaların standart ampul veya "bomba" olarak kullanılmasıyla ölçülen evrenin genişleme tarihi. Her siyah nokta evrenin şimdiki büyüklüğünün yarısı kadar olduğu 7 milyar yıl öncesine uzanan uzak bir süpernovadır. Veriler önceleri yavaşlayıp son 5 milyar yılda hızlanan genişlemeyi esas alan bir modelle temin edilmiştir. Beklenmedik sonuca bakılarak karanlık enerjinin varlığı çıkarsanmış ve evrenin muhtemelen sonsuza değin genişleyeceği kanısına varılmıştır.

Her iki ekip de beklediğinin tersiyle karşılaşınca şaşkına döndü. Süpernovalar sabit genişleme hızının işareti olamayacak kadar sönüktü.[20] Giderek daha hızlı birbirlerinden uzaklaşıyorlardı. Evren yavaşlamıyor, aksine hızlanıyordu (Şekil 9.5).

Bu şaşırtıcı sonucun ne anlama geldiği hâlâ tam olarak kavranabilmiş değildir, ama pişmiş aşa su kattığı kesin. İlk başta her iki ekip de sonuçtan kuşku duydu. Süpernovalarla ilgili sorunları tekrar gözden geçirdiler, birbirlerinin ulaştığı sonuçları bir kez daha kontrol ettiler ama cevap değişmedi.

Süpernovalar olmaları gerekenden daha sönüktü, çünkü süpernovaların ışıklarını yaymalarından bu yana bizden hızlanarak uzaklaşmaları onları beklenenden daha uzağa taşımıştı. Son on yılda iki ekip çabalarını iki katına çıkararak genişlemenin izlerini daha da eski zamanlarda sürmeye çalıştılar. 4 metrelik teleskoptan 8 ve 10 metrelik teleskoplara terfi edip Hubble Uzay Teleskopu'nun başında epey zaman geçirdiler. Bu keşif onlara 2001'de Nobel Ödülü kazandırdı.

Gördükleri şudur: 0,5 değerinde kızıla kaymaya veya 5 milyar yıla kadar geçmişe bakışta hızlanma söz konusudur. Öte yandan 0,5 değerindeki kızıla kaymadan 1 veya üstüne kadar, yani 5 milyar yıl öncesi ile 8 milyar yıl öncesi arasında süpernovalar beklendiğinden daha sönük değildir. Parlamaya başlamışlardır ki bu da hızdaki azalmanın işaretidir.[21]

Hızlanmaya yol açan nedir? Kozmolojideki en esaslı gizem budur. Evreni ivmelendiren unsur için bulunan terim *karanlık enerji*'dir. Fakat bu, fiziksel bir tariften ziyade cehaletin üstünü örten bir terimdir. Karanlık enerji kütleçekimine zıt hareket ederek uzay-zamanın sürekli artan oranda genişlemesine yol açar. Bunun dışında neredeyse hiçbir şey bilinmiyor. Karanlık enerji fizikçileri hem hayal kırıklığına uğratmış hem de heyecanlandırmıştır, çünkü o yeni fiziği temsil etmektedir ve temel parçacıkların "standart modelinin" bir parçası değildir.[22]

Evrenin bir şoförü var ama bu kötü ve endişeli bir şoför; muhtemelen daha önce hiç bir evren sürmemiş. Aynı anda hem frene hem de gaza basıyor ama frene basan ayağı git gide yoruluyor. İlk başta sürücü frene sıkı bastığı için evren yavaşayarak ilerliyordu. Ama fren rahatlayınca öteden beri bastırılan ivme baskın çıkmaya başladı. Evren hızlanıyor, çünkü sürücü ayağını frenden yavaş yavaş çekiyor. Karanlık madde frendir; karanlık enerji de gaz pedalı. 8 veya 9 milyar yıllık kozmos tarihinde ilk kez karanlık madde genişleme hızını düşürdü. Yaklaşık 5 milyar yıl önce karanlık enerji karanlık

maddeye baskın çıktı ve o zamandan beri hızlanıyoruz. Bizim anlamadığımız iki şey evreni kontrol ediyor ve bizi de içeren normal madde sırf iş olsun diye var evrende.

İvme genişleyen evrenle ilgili eski bir soruya cevap veriyor: Genişleme sonsuza dek mi sürecek yoksa evren bir gün çökecek mi? Bildiğimiz kadarıyla karanlık enerji uzayın giderek daha hızlı genişlemesini sağlayan amansız bir kuvvet. Evrende ona karşı koyacak yeteri kadar madde olmadığı için karanlık enerjinin zafer kazanacağı kesin. Evren sonsuza dek genişleyecek.

Ah evet. Işık var olan en hızlı şeydir dediğimi hatırlıyor musunuz? Yalan söyledim. Mutlak sınır olarak ışık hızı özel göreliliğin bir unsurudur. Fakat Einstein bu akıl yürütmeyi değişken harekete uyarladığında sistem genel göreliliğe döndü. Genel görelilik evrenin genişleme hızına sınır koymaz. Evren istediği kadar hızlı genişleyebilir. Karanlık madde ve karanlık enerjinin gözlemlenen miktarlarını esas alan bir genişleme modelini kullanmak bizi ilginç bir sonuca ulaştırır. Daha uzak cisimleri gözlemlediğimizde genişleme hızının şimdikinden çok daha yüksek olduğu zamanda yayılan ışığı görürüz.[23] 10 milyar yıl önce, yani kızıla kaymanın 1,5 değerinde olduğu zamanda evren şimdikinden 2,5 kez küçüktü. Bu evrede gözlemlediğimiz herhangi bir galaksi veya kuasar bizim gördüğümüz ışığı yaydığı sırada bizden ışık hızında uzaklaşıyordu. 10 milyar yıldan daha öncesinde gözlemlenen herhangi bir galaksi veya kuasar (büyük teleskoplar 1000'den fazla kuasar ve galaksi tespit etmiştir), bugün gördüğümüz ışığı yaydığı sırada bizden ışık hızından daha yüksek bir hızla uzaklaşıyordu.

Peki, bu nasıl olabilir? O uzak galaksiden yayılan ışık bizden uzaklaşmaya başlar; saniyede 300.000 kilometre hızla bile uzay-zamanın hızlı genişlemesinin karşısında ilerleme kaydedemez. Fakat karanlık madde genişlemeyi yavaşlatırken fotonlar yollarına devam edip galaksimizin milyarlarca yıl

sonra olacağı yere yaklaşır. Işık saniyede 300.000 kilometre hızla, bizim lokal durumumuzda özel göreliliğin söylediği gibi, oraya varır. Ama oraya varana kadar müthiş bir yolculuk yapar.

Karanlık maddenin "yin"i ve karanlık enerjinin "yang"ı kozmik zamanın büyük bir kısmında neredeyse birbirlerini dengeliyorlardı. Fakat karanlık enerji giderek baskın olurken denge bozuldu. Karanlık enerji bütün galaksileri taşıyacak ama en yakın komşularımız giderek artan hızla bizden uzaklaşacaklar. Uzak geleceğin bir noktasında, genişleyen uzay galaksileri ışık hızından daha hızlı alıp götürürken, galaksiler teleskopların görüş alanından çıkacak. O günler gelene dek manzaranın tadını çıkaralım.

* * *

Sürekli dönerek birleşen galaksilerin dansını durmaksızın izleyebilirdim ama içimdeki en güçlü duygu evin çağrısıydı. Geriye dönme dürtüsü içimi kemirirken bile bu sefer fazla ileriye gittiğim, tekerlek izlerinin silinmediği, bitkilerle kaplanmış patikadan izsiz yolsuz vahşi bir doğaya açılan dönemeci geçtiğim duygusundan kendimi alamıyordum.

Dikkatimi eve yöneltip oradan hiç ayrılmadığımı, çevremdeki manzaranın bir eğlence, hayal gücümün bir yansıması olduğunu düşünüyorum. Evdeyim, ama burada ev yok. En korktuğum şey gerçekleşti. Bir gün olacağım yerdeyim, ama 10 milyar yıl erken. Küçük eliptik bir galaksinin çevresindeyim. Hiçbir şey tanıdık gelmiyor. Neden gelsin ki? Bu mütevazı galaksi kendinden daha küçük olan düzinelerce galaksiyi yutacak ve diğer galaksilerle iki büyük birleşme geçirecek ve bir disk oluşturmak üzere durulacak. Milyarlarca yılın geçmesi gerekecek ve merkezi kara delik büyüyecek ve yüzlerce kez parlayacak ve disk düzinelerce kez döndükten sonra ben orta ağırlıkta bir yıldızın türbülanslı gazdan ve onun çevresindeki küçük ama doğurgan bir gezegenden oluştuğu yerde olacağım.

Şimdi orada olup beklemek yerine, çevik bir ışık demetine binerek yolculuğa şimdi olduğum yerden başlayabilirdim. Einstein bir keresinde bir ışık ışınının üzerinde yolculuk etmeyi hayal etmişti. Ben de aynısını yapacağım. Ama yolculuk göz korkutucu. Ben ayrılırken, evim ışıktan daha hızlı uzaklaşıyor benden ve bu bir Sisifos macerasına benziyor. Uzay ayaklarımın altında genişliyor. İleriye atılıyorum ama varacağım yerden hâlâ uzaklaşıyorum. Bir an için kendimi Kızıl Kraliçe'nin yarışındaki Alice gibi hissediyorum, elimden geldiğince hızlı koşmaya çalışıyorum. Ama altımda genişleyen evren yavaşlıyor ve boşluğu geçmeye başlıyorum ve ben yol aldıkça giderek tanıdık bir şekle bürünen bir galaksiye yaklaşıyorum. Yolculuğu tamamlamayı ve yolumun doğru zamanda ve doğru yerde bitmesini umuyorum, böylece gezegenimi, evimi bulabilir ve hemen yatağa uzanabilirim. Ama bu olmayabilir de. Uykuya dalmadan önce kat etmek gereken epey yol var.

10

IŞIK VE HAYAT

Puslu soğuk bir ışığa gömüldüm. Geç evrenin boş kanyonlarına kıyasla, burası rahme ve plasentaya benziyor. Hareketi hissedebiliyorum, uzayın dışına doğru bir akış ve kütleçekiminin muntazam gücü; ama görünüşe bakılırsa hiçbir şey hızlı akmıyor. Sıcak bir banyo gibi rahat bir yer.

Her yanımda yıldızlar parıldıyor. Gelişigüzel dağılmış değiller ama yoğun gaz ve tozun sardığı gevşek kümeler ve yığınlar halindeler. Ama geceleyin kendi gökyüzüme yakından baktığımda manzara yıldızların parıldamasına benzemiyor. Her ışık kıvılcımı ya ilk kez ışık saçan bir yıldızın dalgalı aydınlığı veya süpernova olarak ölen yıldızın patlaması. Bu masif yıldızlardan yayılan morötesi ışınlar akkor gaz küreleri yaratır. Bu küreler çakışır ve ışıltılı sabun köpükleri gibi birbirlerine koşarlar. Ses yok, burası geldiğim eski evrenin yoğunluğunun 20 katına sahip olmasına rağmen neredeyse kusursuz bir vakum.

Galaksilerin belli belirsiz hatlarını seçebiliyorum ama ekseriyetle yıldızların oluşturduğu bir manzara bu. Sturm und Drang. Son et lumière, *ama sessiz. Kütleçekimi, zamanını bekliyor; onun büyük mimari projesi hâlâ geleceğin içinde. Bu yıldızlar büyük. Bu güzel gecenin içine aheste akmıyorlar. Çoğu bir patlamayla ortadan kalkıp ardında karanlık bir çekirdek bırakıyor. Uzakta da manzara aşağı yukarı aynı, sisin içinde parıltı.*

Ağzımı açıp nefes alıyorum. Kum tanesi yok, sadece hidrojen ve helyumun ışığı var. Bu ilk yıldızlar ilkel ve eksik madde olan

golem'den oluşmuştur. Karbon yok. Gezegen de yok. Biyoloji gelecekte yatıyor. Yapayalnız olduğumu biliyorum.

İLK IŞIK

Galaksilerin nasıl oluştuğunu öğrenmek için astronomlar en iyi aygıtları sınırlarını zorlayarak kullandı. Sonuç şimdiye kadar çekilmiş en derin gökyüzü fotoğrafı oldu.

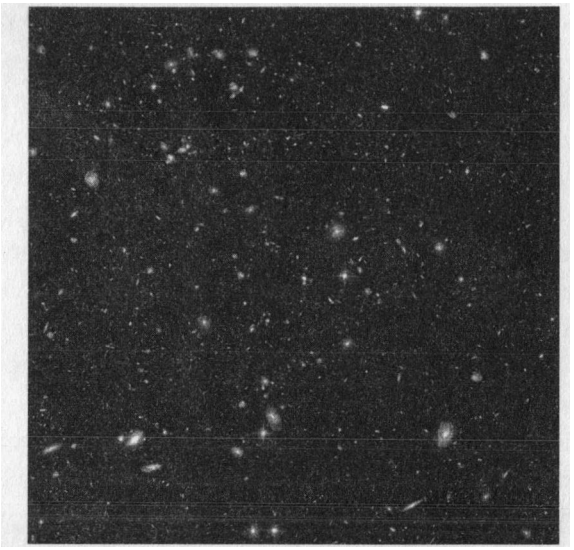
Hubble Ultra Derin Alan, Hubble Derin Alan diye adlandırılan eski bir projeden doğdu ve Uzay Teleskop Bilimi Enstitüsü'nün ikinci yöneticisi olan Bob Williams'ın cesur kararıydı. Williams 1995'te yönetici olarak kılı kırk yaran titizliğiyle gözlem zamanının yüzde 10'unu gökyüzünün tek bir parçasının çok derin ve çok renkli görüntüsünü elde etmeye adadı. Bunun neden cesur bir karar olduğunu anlamak için araştırma astronomisinin kültürüne ve sosyolojisine kısaca göz atalım.

Astronomlara göre Hubble Uzay Teleskopu bulunmaz Hint kumaşıdır.[1] Hubble en fazla keşif yapmış ve en çok makale yazılmasına vesile olmuş teleskoptur. Kamuoyunda çok ses getirmiş bir projeydi bu ve milyonlarca insan onun sağladığı nefis görüntüleri bilgisayarına indirdi. Böylesine kaliteli görüntüleri elde etmek ucuz mal olmadı. 20 küsur yıllık bir zaman zarfında Hubble'ın maliyeti 7 milyar doları aştı. Teleskobun nasıl kullanılacağına ilişkin astronomlardan gelen talep ve öneriler aygıtın kapasitesinin yedi kat üzerindeydi. Gelişmeleri gözden geçirmek için yapılan birkaç panele katıldım ve kötü öneriye pek rastlamadım, ama bilimsel açıdan en sıkı olan öneriler reddedildi. Kötü haberi yaydım ve olayın olumsuz sonuçlarından ben de etkilendim. Kıran karana rekabet söz konusu olsa bile araştırmacıların kimin haklı çıkacağına dair bahse girmesi ve küçük önerilerin değerlendirilmesi herkesin gönlünün hoş edilmesini sağlar.

Bob Williams derin bir görüntü elde etmek için 150 yörünge turu atarak (epey uzun bir zaman) bütün yumurtaları aynı kefeye koymaya karar verdi. Williams birkaç yıl önce aynı şekilde cesur bir kariyer yaptı. Benim bölümümde kadrolu bir profesör olarak siyasetten ve üniversite hayatını sıkıntıya sokan bürokrasiden usanmıştı. Yeni bir iş bulmaya niyetlenmeden yazmak ve önündeki seçenekleri düşünmek üzere kadrolu işini bıraktı. Bir yıl işsiz kaldıktan sonra Şili'deki Cerro Tololo Gözlemevi'nin yöneticisi oldu ve sonra astronomideki en gözde işlerden biri olan Uzay Teleskop Bilimi Enstitüsü'nün yöneticiliğine başladı.

Hubble'ı tek bir derin alan üzerinde çalışmak için kullanma yönündeki kararı astronomi kültürünü değiştirdi. Teleskobun ne tarafa çevrileceğine ve 140 saat için hangi renkte filtrelerin kullanılacağına araştırma ekibinin karar vermesine müsaade etti, ama elde edilecek verilerin bütün astronomların kullanımına sunulmak üzere hemen paylaşılması konusunda ısrar etti. Büyükayı Takımyıldızı'ndaki bu minik alan –gökyüzünün 28.000.000'de 1'i– 3000'i aşkın galaksi içerir ve Hubble Derin Alan için veri raporu astronomide en çok alıntılanan raporlardan biridir.[2] Kıt kaynakların tek bir hedefe cömertçe adanması kızılötesi ve X-ışını astronomları aynı şeyi yapmaya ikna etti. Diğer teleskoplar elektromanyetik spektrum boyunca uzanan verilerle birlikte optik görüntüleri tamamlamaya epey zaman ayırdılar ve genellikle bu veriler çabucak erişime açıldı. Yarış ve özverinin heyecan verici bir karışımı araştırmayı ileri noktalara taşıdı.

Fakat ya seçilen tek alan bu veya şu sebeple tipik değilse? Kozmolojik ilke izotropiye dayanır ve evrendeki bir yönün diğer yönlerden farklı olmadığını öngörür, ama astronomlar bekleyiş içindeydi, bu nedenle Williams 2000'de Hubble zamanını gökyüzünün güney kısmındaki derin bir alana hasretti. Ondan sonra derin alanlar mantar gibi bitmeye başladı. 2002'de dördüncü bakım ekibi hassas bir kamera yerleştirdik-



Şekil 10.1. Şimdiye değin elde edilmiş en derin gökyüzü görüntüsü olan Hubble Ultra Derin Alan. Fornax Takımyıldızı'ndaki bu minik alan çoğu 5 ila 10 milyar ışık yılı uzaklıktaki 10.000 galaksiyi içerir. Hubble Uzay Teleskobu kızıla kaymaları saptamaya yardım eden galaksilerin renk verilerini elde etmek amacıyla dört ayrı filtrede görüntüler yakaladı.

ten sonra o zamanın Uzay Teleskopu Enstitüsü yöneticisi Steve Beckwith dört renge dağılmış bir milyon saniyelik gözlem süresini ve 400 yörünge turunu Fornax Takımyıldızı yönündeki gökyüzü alanına hasrederek bahsi yükseltti.[3] Bu Hubble Ultra Derin Alan idi (Şekil 10.1).

Gelin, bu inanılmaz görüntüye dair bir fikir edinmeye çalışalım. Bir insan kolu uzunluğunda bir topluiğne düşünün. İğnenin başı *Hubble*'ın CCD kamerasıyla yakalanan görüntünün kapladığı kadar uzayı kaplar. Astronomlar bu küçücük uzay alanında 10.000 galaksi tespit etmişlerdir. En sönükleri gözün görebileceğinden 5 milyar kat daha sönük ve *Hubble* onlardan dakika başına ancak bir foton toplayabiliyor; teleskopla aydaki ateşböceğini görmeye çalıştığınızı düşünün.

Bütün bir gökyüzünü bu derinlikte kuşatmak bir milyon yıl boyunca kesintisiz gözlem yapmayı gerektirir.

Sayılar hayret verici ve evrenin içeriği hakkında bazı önemli bilgiler elde etmek için kullanılabilir. Ultra Derin Alan gökyüzünün on üç milyonda birini kapsadığından her yöndeki bütün galaksilerin toplam sayısının 130 milyar olduğu tahmin edilmektedir. Her bir galaksi ortalama olarak 100 milyar yıldız içerdiğinden görünür evrende 10^{22} tane yıldız vardır. Şayet bu hesaba füzyon sınırına değin sönük kırmızı cüceleri de eklersek yeni toplam 10^{23} olur. Bu insanın başını döndüren bir sayıdır, hayat için ifade ettiği anlamlara gelince daha da heyecan verici olmaktadır. Gezegenlerin Güneş benzeri yıldızların çevresinde döndüğünü öğrendik ve Dünya'ya benzeyen ve hayatın olabileceği gezegenlerin sayısı hakkında da bir şeyler öğrenmeyi umuyoruz. Evrendeki potansiyel hayat deneylerinin sayısı yıldızların sayısına benzeyebilir. Bu evrende yalnız olma ihtimalimiz nedir?

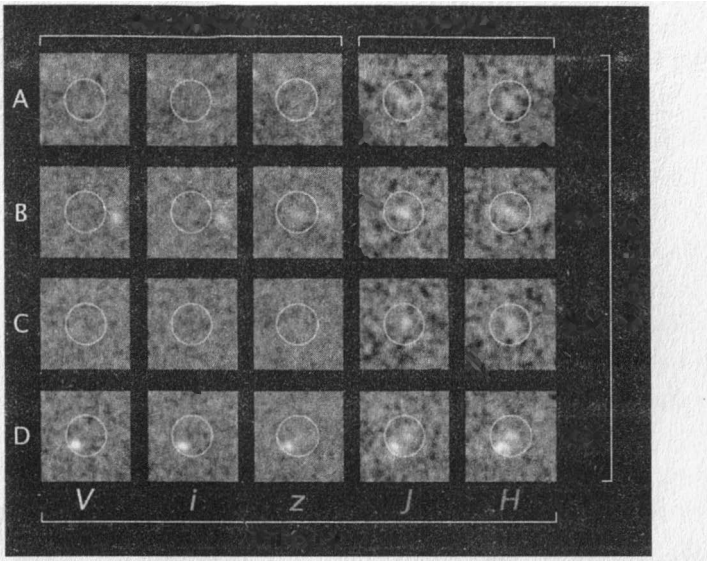
Ultra Derin Alan'a sönük galaksiler gelişigüzel yayılmıştır ama hesaplananın ötesine geçmek için onları üç boyutlu uzaya yerleştirmemiz gerekir. Bu sönüklükteki galaksiler için süpernova gibi mesafe göstergeleri bulmak olanaksızdır, bu nedenle bir kozmolojik modeli benimseyip yaşı, mesafeyi, büyüklüğü ve aydınlığı ölçmek için kızıla kaymaya bakmamız gerekir. Öte yandan bu galaksilerin çoğu keşfedilmelerini zorlaştıracak denli sönüktür, bu da demektir ki kızıla kaymayı ölçmek için spektrumuna ışık yayma imkânı yoktur. Neyse ki astronomlar enerji dağılımına dayanarak kızıla kaymayı ölçmek için "hızlı ve kirli" bir yönteme başvururlar. Bir galaksideki yıldız nüfusu, enerji dağılımı görüntü verilerinin filtrelerinden geçerken kızıla kayarken öngörülebilir şekilde değişen renklere sahiptir. Dolayısıyla renkler çoğu durumda kaba kızıla kaymayı çıkarsamak için kullanılabilir.[4]

Kızıla kayma ölçülünce galaksilere mesafe atfedilebilir. Hacmin şekli aydınlık galaksiler araştırmasının sunduğu ev-

ren dilimlerinden daha uzun ve daha sıskadır; radyal boyutta derindir ve üç metre uzunluğundaki bir pipete benzer. Radyal boyut hem geçmişe bakma zamanı hem de mesafedir. Galaksilerin evrimini ayrıntılı şekilde göstermek için geliştirilen müthiş projenin tamamlanmaya yakın olduğuna dair emareler var. Birincisi, Ultra Derin Alan, Derin Alan'dan üç kat daha hassastır ama birim alan başına sadece yüzde 30 oranında fazla galaksiye sahiptir. İkincisi, giderek artan mesafedeki galaksilerin sayısı 2'lik kızıla kayma değerinde zirve noktasındayken kızıla kayma 4 veya daha fazla olduğunda hemen azalır. Son olarak, çok sönük galaksiler büyük kızıla kayma oranlarına sahip masif galaksiler değil, Samanyolu'nun aydınlığının yüzde 5 ila 10'una sahip o kadar uzak olmayan galaksilerdir.

Evrenin hacminin büyük bir kısmını gördük. Tam bir sayımın 130 milyardan daha büyük olması pek muhtemel değil.

Yine de yüksek kızıla kayma oranlarına sahip ender görülen galaksiler bu alanda çalışan insanlar için bulunmaz Hint kumaşıdır. Bu kişiler "ilk ışık" zamanını, ilk yıldız galaksilerinin sıcak gazdan oluştuğu zamanı bulmak isterler. Bakalım Ultra Derin Alan ile ne kadar geriye gidebilecekler. Yönelim olarak 2 değerinde kızıla kayma 10 milyar yıl öncesi, yani evrenin şimdikinden üç kat daha küçük olduğu zaman; 4 değerinde kızıla kayma 12 milyar yıl öncesi, yani evrenin şimdikinden beş kat daha küçük olduğu zaman; 8 değerinde kızıla kayma ise 13 milyar yıl öncesi, yani evrenin dokuz kat daha küçük olduğu zaman demektir. Ultra Derin Alan'ın ilk görüntüleri 2003 ve 2004'te çekildi ama en göz alıcı görüntüler beşinci bakım ekibinin 2009'da derin kızılötesi görüntüler çeken bir kamerayı teleskoba yerleştirmesiyle elde edilebildi. Enerjileri kızılötesi dalgalara 10 kat daha yaklaştığından en uzak galaksiler az miktarda optik ışık yayar (Şekil 10.2). Bu araştırma alanında kıran kırana bir yarış var; 2009'un sonlarında beş farklı grup birkaç ay arayla çok yüksek kızıla kayma değerlerine sahip galaksilerle ilgili makaleler sundular.[5]



Şekil 10.2. Hubble Uzay Teleskopu'na yerleştirilen hassas kameralarla çekilen çok uzak dört galaksinin görüntüleri. Kızıla kayma değerleri ışığın neredeyse 13 milyar yıl yaşında olduğunu, yani evrenin yaşının ilk yüzde beşlik diliminin içine düştüğünü göstermektedir. Dipteki filtreler, soldaki (V) yeşil ışıktan, sağda (H) gözün görebileceğinden daha uzun kızılötesi ışımaya yaklaşan bir yelpazededir. Kısa görünür dalga boylarındaki galaksiler tespit edilemez; güçlü kızılötesi fazlalık epey kızıla kaymış bir ışığın özelliğidir.

İlk galaksiler neye benzer? Küçük damlamsı ve düzensiz şekildedirler. Çok az sayıda epey aydınlık galaksi, Samanyolu gibi spiral ve eliptik galaksi vardır. Bu eski püskü galaksiler müthiş hızlı yıldız oluşturmaktadır. Sonuçlar aşağıdan yukarıya galaksi oluşumu modeline fazlasıyla uymaktadır. Bunu söyleyebilmemizin nedeni oluşan ilk galaksi kuşağını gözlemleyebilmemizdir. 7 ila 8 değerinde kızıla kaymaya sahip 100'ü aşkın galaksi var, 9 ila 10 değerinde kızıla kaymaya sahip galaksi sayısının ise bir düzineyi aşkın olduğu tahmin edilmektedir.[6] Şimdiki sınır budur. Zamanın şafağındaki galaksileri gözlemledik, evrenin bugünkünden 10 kat daha kü-

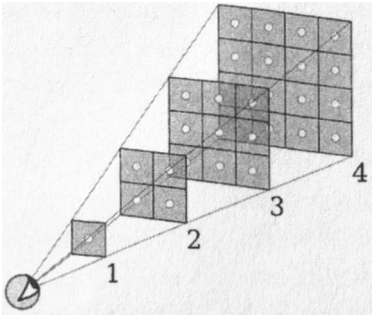
çük, sıcak ve 1000 kat daha yoğun olduğu, yaşının yüzde 95'i kadar geçmişe dönüp baktık.

Bu ilk ışık mı? Muhtemelen hayır. Yüksek kızıla kayma değerlerine sahip bu galaksilerin bazıları birkaç yüz milyon yaşında yıldızlara sahiptir. Zavallı Hubble Uzay Teleskobu. Astronomlar onun sınırlarını zorlayıp, epey yoruyorlar, oysa o yere konuşlandırılmış 10 metrelik devlerin yanında ufak tefek kalan 2,5 metrelik bir teleskoptur sadece. Gelişme kaydetmek için Hubble'ın halefi NASA'nın James Webb Uzay Teleskopu'nu (kısaca JWST) beklemek gerekecek. Son derece hırslı bir proje bu ve 2018'de bitirilmesi bekleniyor. JWST 6,5 metre büyüklüğündedir ve altıgen aynaları çiçek yaprakları gibi açılarak kullanılacak, astronomların ellerinin altındaki araçlarla ulaşamayacakları bir mesafede, Dünya'dan bir milyon mil uzakta konumlandırılacak. JWST kızılötesi dalga boylarında çalışmak üzere tasarlandı ve onun en büyük bilimsel amaçlarından biri Hubble'ın yarım bıraktığı işe devam edip gerçek ilk ışığı saptamak.

KAYIP UFUKLAR

Bazen en basit sorulara en esaslı cevaplar verilir. Gökyüzü geceleyin neden karanlıktır? Bir çocuğun merak edeceği türden bir şeydir bu. Yıldızlara bakıp onların sonsuza dek böyle kalması halinde gökyüzünün her tarafının aydınlanacağını düşünür.

Bir İngiliz soylusu ve parlamento üyesi olan Thomas Digges Kopernik'i İngilizceye tercüme eden ve Güneş merkezli evren modelinin tanınmasını sağlayan ilk kişidir. Ayrıca geceleyin gökyüzünün neden karanlık olduğuna da kafa yormuştur. Yazılarında Digges, Kopernik'ten de ileri gidip, yıldızların gökkubbeyle sınırlı kalmayıp sonsuz uzaya yayıldığını öne sürmüştür. Gece gökyüzünün sonsuz –ve çok çok yaşlı– bir evrende parlak olacağı çıkarsamasına ulaşmanın



Şekil 10.3. Bu ideal diyagram Olbers paradoksunu gösteriyor. Bir "tabaka" Dünya'dan ne kadar uzaksa o "tabaka" üzerindeki yıldız sayısı yüzey alanıyla veya mesafenin karesiyle orantılı şekilde artar. Öte yandan her bir yıldızdan yayılan ışık mesafenin karesiyle ters orantılı şekilde azalır. Bu nedenle her bir tabakadan yayılan ışık aynıdır ve sonsuz sayıdaki tabakadan yayılan ışık da sonsuz olur.

iki yolu var. Birincisi, evrendeki her görüş hattı nihayetinde bir yıldızda son bulur, dolayısıyla bütün yönlerin bir yıldızın yüzeyi gibi parlak olması gerekir. Dünya'dan uzaklaşıldıkça büyüyen eşmerkezli takabalar üzerinde ne kadar yıldız ışığı toplanacağını düşünün. Her bir yıldızdan yayılan ışık mesafenin karesiyle ters orantılı olarak azalır. Fakat her bir tabakadaki yıldızların sayısı, tabakanın yüzey alanı olarak, mesafenin karesiyle orantılı şekilde artar (Şekil 10.3). Bu nedenle her yıldız tabakası eşit miktarda ışık katkısında bulunur ve sonsuz sayıda tabaka sınırsız ışığa eklenir.

Kepler bu sorun üzerinde düşünmüştü. Halley de kafa yordu ve soruna on sekizinci yüzyılda yaşamış amatör bir astronomun ismi verildi: "Olbers paradoksu".[7] Kelvin paradoksun olası bir çözümünü sundu ve ne ilginçtir ki, şair ve yazar Edgar Allen Poe da aynısını yaptı. Nitekim 1848'de şu satırları yazmıştı: "Yıldızlar silsilesi sonsuz olsaydı gökyüzünün zemini sabit bir aydınlık sunardı bize...

Bu durumda, oradan bize henüz ışık ulaşmadığına göre görünmez zeminin çok çok uzak olduğunu varsayarak teleskoplarımızın sayısız yönde boşluklar saptayacağını tahmin edebiliriz."[8]

Bu insanların hepsi Samanyolu'nun evrendeki tek yıldız kümesi olduğunun sanıldığı bir zamanda çalışıyorlardı. Ama sav yıldızların galaksiler halinde kümeleşmesi durumunda da değişmez; yine Dünya'nın dışındaki her yönün sonunda bir galaksi olmalı. Ama gözlemlediğimiz şey bu değil. Hubble Ultra Derin Alan 10.000 galaksi tespit etti ama bu galaksiler aralarında simsiyah uzayın bolca bulunduğu, kadife bir örtünün üzerine yayılmış elmaslara benziyorlar.

Gece gökyüzü aydınlık olmadığı için varsayımların biri yanlıştır. Evrenin yaşının sınırlı oluşu gece gökyüzünün karanlık olmasını açıklar. Işık bizim görebildiğimiz bölgelerden sadece 13,7 milyar yıldır geçmektedir ve bu da evreni ışıkla doldurmak için yeterli derecede uzun bir süre değildir. Evrenin yaşının sınırlı olması bizim görebileceğimiz sınırlı miktarda yıldız ve galaksi ışığı olduğu anlamına gelir. Daha küçük çaplı katkıda bulunan etki ise uzak cisimlerin ışımasını görünür dalga boylarından uzaklaştırıp kızıla kaydıran uzay genişlemesidir. Varsayımların biri yanlış çıktı, peki ya diğeri? Evrenin sınırsız uzamda olup olmadığı konusunda bir şey söyleyebilir miyiz?

Görebildiğimiz şey ile göremediğimiz şey arasındaki sınıra ufuk deriz. Ufuk fikrine aşinayız. Dünya'nın eğik yüzeyindeki bir ufuk, var olan her şeyin değil de görebileceğimizin sınırını işaret eder. Görebildiğimiz ve göremediğimiz evrenin büyüklüğünü ve sınırlı olup olmadığını düşünürken terimleri dikkatlice tanımlıyoruz. Evren ile gündelik hayat arasında benzerlikler kurmak faydasızdır. Payandalar kaldırılacak, duvarlar ve tavan çökecek. Baş dönmesine hazır olur.

İşte yolculuğumuza başlarken tutabileceğimiz ipler: Evren genişliyor, bu da demektir ki uzayın kendisi genişliyor ve galaksiler uzayın içinde ilerlemeyip evrenin genişlemesi nedeniyle birbirlerinden uzaklaşıyorlar. Işığın sınırlı hızı ve evrenin engin genişliği, gözlemlediğimiz uzak cisimleri şimdiki halleriyle değil geçmişteki halleriyle gördüğümüz anlamına gelir. Genişlemenin hız sınırı yoktur; evren ışıktan daha hızlı genişleyebilir ve nitekim genişlemiştir de. Uzak cisimlerin adamakıllı gözlemlenebilen tek özellikleri görünür parlaklık ve kızıla kaymadır; uzaklık, yaş, büyüklük ve aydınlık genel göreliliğe dayalı genişleme modelinden türetilmelidir. Ortaya çıkan sonuç kozmik genişlemenin dörtte üçünün karanlık enerji, dörtte birinin de karanlık madde tarafından yönetildiğini varsayacaktır.

Lokal evrenin bütün kaldırımları ve tırabzanları yerli yerindedir. Her yönde doğrusal ve tekdüze bir genişleme görüyoruz. Hubble'ın gözlemlediği gibi daha uzak galaksiler daha hızlı uzaklaşıyor. Hubble diyagramının eğimi lokal genişleme hızıdır. Uzaklaşma hızı ışık hızından çok daha yavaştır. Işığın yol alma zamanı evrenin yaşının küçük bir kısmı olduğundan söz konusu bölge zamanda da "lokal"dir.

Gelin, rahat bölgeden ayrılalım. Şayet Hubble yasasını uzaklaşma hızının ışık hızına eşit olduğu mesafeyi içerecek kadar genişletirsek bu, Hubble küresi diye adlandırılan bir hacmi tanımlar. Genişleme oranının mevcut değeriyle, Hubble küresine olan mesafe yaklaşık 14 milyar ışık yılıdır.[9] Hubble küresinin ötesindeki galaksiler ışıktan daha hızlı uzaklaşmaktadır. Işığını yaydığı sırada ışık hızında uzaklaşan bir galaksi arada geçen zamandaki yavaşlamadan ötürü şimdi ışık hızından daha yavaş ilerliyordur. Hubble küresinin ucundaki kızıla kayma değeri olan 1,5 genişleyen uzaydan dolayı dalga boyu 2,5 kat uzayan bir ışımaya karşılık gelir. Fakat Hubble küresi ufuk değildir, çünkü bizler daha uzak galaksileri ve kuasarları sürekli gözlemliyoruz.

Bu nasıl mümkün oluyor? Çünkü Hubble küresinin büyüklüğü evrenin geçmişi boyunca değişmiştir. Evrenin tarihin büyük bir kısmı boyunca genişleme hızı düşüyordu. Bu nedenle Hubble küresi giderek büyüyordu; zaman geçtikte bizler uzayın daha uzak bölgelerini gözlemliyoruz.

Hubble küresinin dışında kalacak kadar uzak bir galaksiyi hayal edin. Oradan ayrılan fotonlar başlangıçta bizden ışık hızından daha hızlı uzaklaşarak genişleyen, dolayısıyla geri çekilen bir uzay bölgesindeydiler. Fakat onlar yol aldıkça ve genişleme yavaşladıkça ışık hızından daha yavaş genişleyen bölgelere girdiler. Fotonlar sonunda bize ulaşabilir ve böylece bu galaksiden gelen eski ışığı görebiliriz. Öte yandan bu galaksi bizden her zaman ışık hızından daha hızlı uzaklaşmış ve uzaklaşmaktadır. Bu galaksiden ayrılan bir fotona bindiğinizi hayal edin. Çok eskiden ayrılıyorsunuz ve hızla genişleyen uzay nedeniyle Samanyolu'ndan uzağa sürükleniyorsunuz. Fakat hızdaki düşüş yolunuzu bir an için zamanı Kızıl Kraliçe'nin oyunundaki Alice gibi algıladığınız bir yere çıkarıyor. Sonra her daim saniyede 300.000 kilometre hızla Samanyolu'na yaklaşıp nihayet varıyorsunuz. Tamara Davis ve Charles Lineweaver profesyonel astronomların bile kafasını karıştıracak kadar anlaşılmaz olan bu kavrama dair yaygın yanlış anlamaları gidermek için sabırla çalıştılar.[10]

O halde gözlemlenebilir evrenin büyüklüğü ne kadardır? Görünür evrenin ucu, evrenin başlangıcından beri ışığın yol aldığı mesafeye karşılık gelir. 13,7 milyar ışık yılı değildir bu; bu ancak statik bir evrende doğru olabilirdi. Hesaplama hızdaki azalmayı takip eden hızlanmayı içeren genişleme tarihini dikkate alır. Geçen 13,7 milyar yıl zarfında uzay hızla ve büyük miktarda açılıp genişlemiştir, dolayısıyla bizimle görüş sınırımız arasındaki mesafe şimdi yaklaşık 46 milyar ışık yılıdır, yani *Hubble* ile Hubble küresinin çeperi arasındaki mesafenin üç katı. Kozmolojide buna parçacık ufku, bilgi sınırımız denilmektedir.

Sabreden derviş muradına erermiş. Evrenin genişlemesinin hızlandığı anlaşılmadan önce karanlık maddenin genişleme hızını azaltacağı düşünülüyordu. Daha da uzak bölgelerden yayılan ışık, o ışığı yayan cisimler bizden ışık hızından daha yüksek hızla uzaklaşsalar bile görüş alanımıza girecekti. Bu ışık sahiden eski olacaktı (dünün tweet'leri değil, milyarlarca yıl öncesinin sararmış gazeteleri) ama daha fazlasını görmek için sabırlı olmak gerekiyordu. Gözlemlenebilen evren her geçen gün daha da büyüyecekti.

Ne var ki evrenin genişlemesi 5 milyar yıldan beri hızlanmakta ve karanlık maddenin azalan kütleçekimi muhtemelen onun sürekli hızlanacağı anlamına gelmektedir. Genişleyen evren cisimleri görüş alanımızdan öylesine hızlı uzaklaştırır ki onların müthiş hızlı fotonları bile bize ulaşamaz. Hızlanma bizim asla göremeyeceğimiz olaylarla aramızda bir sınır çeker: Bir *olay ufku* ile karşı karşıya kalırız. Bir kara deliğin olay ufku gibi bu da bilgi engeli olarak işlev görür. Kozmik olay ufkuna şimdiki uzaklığımız 16 milyar ışık yılıdır; ufuk bizim gözlem menzilimizin epey içindedir. Şimdi olay ufkuna doğru uzaklaşan galaksileri görebiliyoruz. Başlarına neler geldiğini bugün onlardan öğrenebileceğimiz en uzak cisimler bunlar. Evren hızlanmaya devam ettikçe giderek daha fazla galaksi görüş alanımızdan çıkarken görünür evren küçülecektir. Görünürde bir tek Samanyolu kalana değin olay ufku bir fotoğraf makinesinin diyaframı gibi kapanmaya devam edecek. Aklımız sadece kendi sorunlarımızla meşgulken evren son bulacak.

Genişleyen evrenin bu garip özelliklerinin hiçbiri gündelik hayatın fiziğini etkilemez. Lokal olarak ölçülen ışık saniyede 300.000 km yol alır ve kesinlikle hiçbir şey bir fotona yetişip geçemez. Eğer isterseniz odanızda (genişlemiyor) rahat rahat oturup biraz önce okuduğunuz her şeyi unutabilirsiniz.

İLK HAYAT

Methuselah (doğuş) gezegeninin var olma hakkı yoktur. Yaklaşık 12,7 milyar yıl önce, 7200 ışık yılı uzaktaki küresel galaksi kümesi M4'ün çeperlerinde yer alan Akrep Takımyıldızı'nda Güneş benzeri bir yıldızın çevresinde Jüpiter benzeri bir gezegen oluştu. Yaklaşık 10 milyar yıl bu gezegen sistemi olaysız bir hayat sürdü. Sonra kümenin çekirdeğine doğru yol alıp bir nötron yıldızıyla –çok büyük bir yıldızın ölü kalıntısıyla– karşılaştı. Nötron yıldızı o sıralarda ikili bir yörünge sistemi içinde beyaz cüce olan eşiyle birleşmişti, ama kütleçekimsel bir savaş patlak verdi ve nötron yıldızı beyaz cücesini yenip onu kovdu ve Güneş benzeri yıldızı ve onun gezegenini kendine yeni eşler olarak seçti.[11] Sonra Güneş benzeri yıldız nötron yıldızıyla sımsıkı kucaklaştı; dev gezegen olanları güvenli bir mesafeden izledi. Normal yıldız yaşlandı ve tıpkı bir gün Güneş'in de başına gelebileceği gibi kırmızı bir deve dönüştü. Şişti ve gazını nötron yıldızının üzerine püskürttü, ona enerji verip saniyede 100 devir dönen –sinekkuşunun kanat çırpma hızından 10 kat daha hızlı– bir pulsara dönüştürdü. Bu arada kırmızı devin yakıtı bitince sönük ve soğuk beyaz bir cüceye dönüştü. Günümüzde dev gezegen, yörüngesine sıkıca tutunmuş bir çift yıldız cesedinin çevresinde dolanmaktadır.

Jüpiter'in kütlesinden yaklaşık 2,5 kat büyük olan bu gezegene hemen "Methuselah" (doğuş) gezegeni adı verildi. Bu gezegen bazı bakımlardan çok ilginçtir. Çileli bir tarihi vardır.[12] Sakin bir gençlik ve orta yaş döneminden sonra, küresel kümenin yoğun iç kısmından geçip varlığını sürdürmüştür. Bağlı olduğu yıldızlar eşleştiğinde kolayca dışarı atılabilirdi ve kaderin güzel bir cilvesiyle, eş değiştirme, sistemi M4'ün daha dingin dış çeperlerine itti. Söz konusu gezegen ayrıca bağlı olduğu yıldızın sönmesinden de sağ salim kurtuldu. Onu bir pulsarın yörüngesine sokan eş değiştirme olmasaydı bu gezegenin varlığından hiçbir zaman haberdar olamazdık.

Fakat bu gezegenin astronomları şaşırtan yanı yaşıydı. İnci elde etmek istiyorsanız kumtaşına ihtiyacınız vardır. Mevcut bilgilerimize göre şayet dev bir gezegen oluşacaksa Dünya kütlesinin 5 ila 10 katı büyüklüğünde kayadan bir çekirdeğe ihtiyaç vardır. Daha sonra bu çekirdek, dev bir gaz kılıfı hemencecik çevresine toplar. Hidrojen ve helyum dışındaki bütün elementler yıldızlarda yapılmıştır. Kozmik zaman ilerledikçe yıldızlar çekirdeklerinde ağır elementleri oluşturur ve onların bir kısmını uzaya püskürtür. Böylece evren gezegen oluşturmaya daha uygun hale gelir ve zaman geçtikçe yaşam için daha konuksever gezegenler oluşur. "İlk ışık" ve ilk yıldızların oluşumundan önce, gezegenlerin ve hayatın esamesinin okunmadığı bir zaman vardı.

Bu bağlamda 12,7 milyar yıllık bir gezegen sıra dışıdır. M4, Güneş Sistemi'nde bulunan ağır elementlerin yüzde 5'ine sahiptir. Yine de bu miktar, dev bir "inci" yani gezegen yapmak için gereken "kumtaşını" oluşturmaya yetmiştir.[13] Bir süperdünya oluşturmak için yeterli taş malzemesi var idiyse, bu, yaşam için daha uygun bir yerde Dünya benzeri bir gezegen oluşturmaya yeterdi. Dev gezegen Dünya'nın Güneş'e uzaklığının iki ila sekiz katı büyüklüğünde dairemsi bir yörüngede oluştu ve yaşam için uygun bir bölgede karasal bir gezegenin oluşması için gerekli alanı açtı. Bu varsayımsal gezegenin yıldız kümesinin çekirdeğinden geçme ve eş değiştirme kargaşasından önce yaşamı ortaya çıkarması için 10 milyar yıllık sakin bir zamanın geçmesi gerekiyordu.

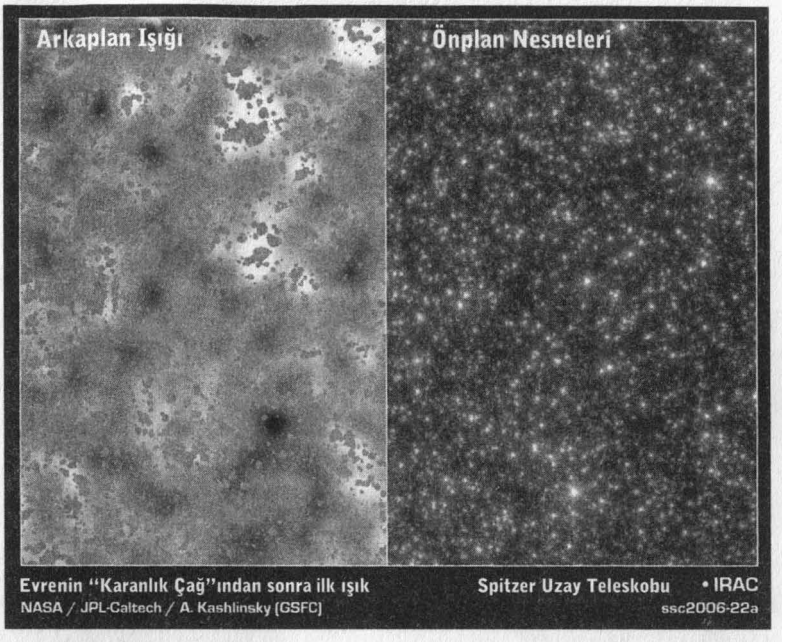
Dünya'dan üç kat yaşlı ama ona benzeyen muhtemel bir gezegeni düşünün. Şayet hayat bu gezegende, Dünya'da oluştuğu kadar hızlı oluşmuşsa o zaman bizden 8 milyar yıllık avantaja sahip olurdu. Bu epey uzun bir zaman. Hayat Dünya'nın okyanuslarından karaya geçtiğinde büyük beyinlerin gelişmesi ve uzay yolculuğunun ve bilgisayarların keşfedilmesi sadece 400 milyon yıl aldı.

Bir deneme yapma fikri ne kadar baştan çıkarıcı olsa da tek bir nesneye dayalı güvenilir bir bilimsel sonuca varama-

yız. Öyleyse gelin daha genel kapsamlı bir soru soralım: Evrende ilk yaşam ne zaman ve nasıl başladı?

Bu soruya cevap vermek için ilk ışığın ne zaman oluştuğunu bilmemiz gerek, çünkü yıldızlardan önce hidrojen ve helyumdan başka element yoktu. Evrenin kökeni, galaksilerin henüz ayrışmadığı zaman, 13,7 milyar yıl öncesidir. Erken zamanın izini kızıla kaymayla sürebiliriz ve o dönemdeki kızıla kayma, evrenin o zamanki büyüklüğünün günümüzdekinden kaç kat küçük olduğuyla orantılıdır. Galaksiler hızla çöküyor ama kızıla kayma değeri 6 olan çokça galaksi var; bu da evrenin başlangıcından sonra bir milyar yıl demek (Methuselah gezegeninin yaşıdır bu). 8 kızıla kayma değerinde galaksiler güvenilir şekilde bulunmuştur; bu evrenin başlangıcından 700 milyon yıl sonrası demektir. Daha tereddütlü olanları 10 değerinde kızıla kaymaya sahiptir; bu da evrenin başlangıcından sadece 500 milyon yıl sonrası demektir. İlk ışığı Spitzer Uzay Teleskopu saptamış olabilir (Şekil 10.4).

Aşağıdan yukarıya yapı oluşumu senaryosuna göre yıldızlar galaksilerden önce gelir, dolayısıyla ilk ışık arayışı tekil yıldızları veya onların kalıntılarını bulmayı gerektirir. Şaşırtıcı bir şekilde 8 kızıla kayma değerine sahip birkaç yıldız bulunmuştur.[14] Büyük bir yıldızın muazzam bir patlamayla sönerek birkaç saniyeliğine bütün bir evreni gama ışınına boğduğu ve arkasında dakik optik astronomların inceleyebileceği bir son parıltı bıraktığı gama ışını patlamaları söz konusudur.[15] Bu patlamalar bilinen en uzak astrofiziksel oluşumlardır. Evren onları tespit etmemize yardımcı oluyor, çünkü uzun mesafenin yol açığı kararma, patlamayı uzatan ve yakalanmasını kolaylaştıran zaman genişlemesiyle kısmen telafi edilmektedir. Mevcut teknoloji 20 değerindeki kızıla kaymaya –evrenin başlangıcından 200 milyon yıl sonrasına– kadar varan patlamaları gözlemleyebilmektedir ve WST 30 kızıla kayma değerine kadar olanları saptayabilecektir, yani evrenin başlangıcından 100 milyon yıl sonrasını. Kozmolog-

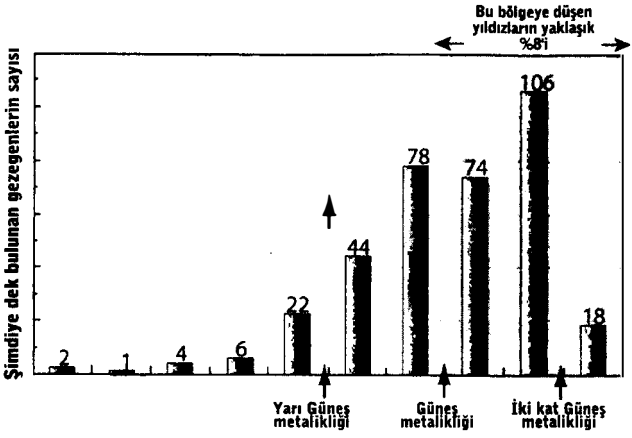


Şekil 10.4. İlk ışığın parıltıları. Sağda "ön plandaki" cisim optik ışık içindeki galaksiler ve yıldızlardır. Bunlar soldaki kızılötesi görüntüde yer almazlar ve dağınık haldeki kalıntı ışıma ilk kuşaktan yıldızların ışığı olabilir.

lar ilk ışığı yakalamak için zamanda bu kadar geriye gitmenin yeterli olacağı görüşündedir.

Yıldızların tam olarak ne zaman oluştuğunu bulmak için ince eleyip sık dokumak gerek. Bundan daha ilginç olanı ise evrenin yaşının ilk yüzde 5'i içinde ilk ışığın nerede parladığıdır.

Karbon, nitrojen, oksijen ve diğer biyojenik elementlerin yavaş ve düzenli oluşumu erken evreni yaşam için elverişsiz bir yer kılmış görünüyor. Harici gezegen araştırmacıları bir yıldızdaki ağır elementlerin bolluğu ile Jüpiter benzeri gezegenlerin görünme oranı arasında güçlü bir bağ tespit etmişlerdir. Güneş'teki ağır elementlerin üç misline sahip yıldızla-



Şekil 10.5. Az miktarda ağır elementlere sahip yıldızların çevresinde dev gezegenlerin oluşma oranının düşük olduğuna dair güçlü bir izlenim var. Öte yandan simülasyonlar, karasal gezegenlerin, aslında düşük miktarlarda ağır elementlere sahip yıldızların çevresinde daha yaygın olabileceğini göstermektedir.

rın yüzde 30'u dev gezegenlere sahiptir ama bu oran Güneş benzeri yıldızlarda yüzde 5'e, Güneş'teki ağır elementlerin üçte birine sahip yıldızlarda ise yüzde 1 ila 2'ye düşer (Şekil 10.5).[16] Bu hesaba göre Methuselah gezegeni var olmamalıdır. Diğer bir fikre göre koşulların karmaşık hayat için elverişli olduğu galaktik bir bölge veya halka şeklinde disk bölgesi var. Bu bölgede yaşam lapası çok fazla süpernova ve yıldız çarpışması tarafından ziyan edilir; bu bölgenin dışındaysa gezegen oluşumu için yeterli pütür ya da katı madde yoktur. Karasal gezegenler 8 milyar yıldan daha yaşlı olamazlar.[17]

Bu savlara karşı çıkan olgu ise Samanyolu'nun (ve diğer bütün spirallerin) şişkin kısmında bulunan birkaç milyar yıldızın 8 ila 12 milyar yıl yaşında olduğu ve Güneş'in ağır element miktarının yüzde 10 ila 200'üne sahip olduğudur. Düşük oluşum oranlarında bile bu miktar trilyonlarca eski

gezegenin oluşumu için yeterlidir. Simülasyonlar, dev gezegenlerin düşük ağır element seviyesi engeline takılmış olabileceğini ama iç güneş sistemlerinde karasal gezegen oluşumuna *tetiklemeye* yetecek kadar kumtaşının bulunduğunu göstermektedir.[18]

Yaşam motorunun ilk nerede çalışmaya başladığı konusunda bahis oynayacak olsaydım, yüksek kızıla kayma değerine sahip bir kuasara veya daha iyisi, ilk çok büyük kara deliklerden birinin çevresinde oluşmuş bir galaksiye oynardım. Kara deliği yaratıp ona yakıt temin eden şiddetli yıldız faaliyeti karbon ve diğer ağır elementlerden bolca yaratır; uzak kuasarların çevresindeki gaz, Güneş'in ağır element miktarının 10 katına sahip olabilmektedir. Şölene ilk katılan olmak iyidir ve bir kuasarın yakınındaki yaşam, gece semasının eğlenceli bir hale gelmesini sağlar.

Bizim zekâ seviyemize ulaşıp daha sonra milyonlarca veya milyarlarca yıl boyunca gelişmeye devam eden yaratıklar neye benzerdi? Hiçbir fikrimiz yok. Uzay ve zamanın biyolojik imkânları bizlerin ne yalnız ne de ilk olmadığımızı savunmakta kullanılabilir ama bu sağlam bir sav olmaz. Bakmamız gerekiyor. Yaşamı bulmak için en iyi şansımız, yakınlardaki bir harici gezegenin atmosferinin mikrobik değişim geçirdiğini tespit etmektir veya çok uzaklardaki zeki bir türden gönderilen kasıtlı sinyalleri saptamaktır. Bu arada biz varlığımızı sürdürüyoruz, çevremizi kuşatan engin evreni anlamak için beynimizi kullanıyoruz ve bazıları bunun sürprizlere gebe olduğunu düşünüyor.

NEDEN BURADAYIZ?

Mantıkla yola çıkalım. Varoluşumuza şaşırmak doğru değildir, çünkü eğer var olmasaydık, şaşırmamız da söz konusu olmazdı. Ayrıca varoluşumuza yol açan çok sayıda değişim, dönüşüm ve rastlantısal sonuçlara da hayret etmek yersizdir.

Şayet memeliler 65 milyon yıl önce dünyaya çarpan bir göktaşının yol açtığı küresel felaketten sağ çıkmamış olsalardı veya 70.000 yıl önce gerçekleşen bir süper volkan patlamasından sağ kurtulan bir avuç insan çoğalıp hayatta kalmayı başaramasaydı ya da daha yakın zamanda anne babanız yollarını birleştirmemiş olsalardı burada var olup bu olayların anlamına kafa yoramazdınız.

Bu mantığı kullanabiliriz. Bu minvalde evrenin varoluşunuzla uyuşmayan özelliklerine rastlamıyor olmanıza da şaşırmamak gerek. Başka bir deyişle, Dünya'nın et yiyen bakterilerin istilasına uğramamasına veya Güneş'in 2 milyar yıllık bir ömrünün olmamasına ya da evrenin eşit miktarda madde ve antimadde barındırmamasına şaşırmamalıyız. Bu durumların herhangi birinin gerçekleşmesi halinde biz var olamazdık. Bu farazi dünyalarda yaşamadığım için çok mutluyum, başka ne diyeyim?

Şimdi iş daha ilginç ve nazik bir hal alıyor. İşler biraz farklı olsaydı burada olmazdık dedirten, doğal dünyanın biyolojiden kozmolojiye uzanan bir dizi özelliğinin listesini hazırlamak mümkün. Örnekler şu durumları içeriyor: Eğer karbon daha ender olsaydı, eğer DNA mükemmel kopyalansaydı veya kopyalanmasaydı, eğer Dünya'nın büyük bir uydusu olmasaydı, eğer Güneş şimdikinden iki kat daha enerjik olsaydı, eğer ışık hızı şimdikinden iki kat daha yavaş olsaydı, eğer karanlık enerji ve karanlık maddenin miktarları çok farklı olsaydı ve eğer kütleçekimi şimdikinden daha zayıf bir kuvvet olsaydı. Karbon temelli yaşam muazzam bir fiziksel olasılıklar kümesinin sadece dar bir bölümü içinde meydana gelebilmektedir. Evrenin varoluşumuz için hem gerekli hem de ihtimal dışı gibi görünen bir dizi özelliğine şaşırmamız bekleniyor.

Bu savlar "ince ayar" veya "antropik ilke" kılıfı altında yürümektedir, ama aslında bir Yaratıcı'nın varlığına kanıt olarak öne sürülen tasarım savlarına dayanmaktadır. Bertrand

Russell'ın 1927'de söylediği gibi: "Dünya'daki her şey biz burada yaşayabilelim diye meydana getirilmiştir ve eğer Dünya şimdiki halinden birazcık farklı olsaydı kesinlikle burada yaşayamazdık. İşte bu tasarım savıdır."[19] Çoğu şey "ihtimal dışı" ve "gerekli" sözcüklerini nasıl yorumladığımıza bağlı. Bu fikirler fizik, astronomi ve felsefe alanlarındaki bazı ağır sıklet düşünürlerin ilgisini çekmiştir ama teleolojiye bulaşmış olmaları ve süregiden bilim-din "kültür savaşları" onları da çok tartışmalı hale getirmiştir.

"El Rancho Grande adındaki Meksika restoranında servis edilen *chimichanga* adlı yiyecek sayesinde buradasın." Yirmi yaşındaki oğlum Ben'in gözlerinin içine bakıp California eyaletinin Pasadena kentindeki Meksika merkezli restoran zincirinin şubesinde servis edilen o bol yağda kızarmış gözleme sayesinde var olduğunu söylediğimde, sözlerimi anlamadığını belli eden bir ifadeyle gözlerini kırpıp yüzüme bakakaldı.

"Peki, açıklayayım," dedim. "California Teknoloji Enstitüsü'nde doktora sonrası çalışmalar yürütüyordum ve Hindistan'da yapılacak konferansın günü yaklaşıyordu. Konferanstan sonra yolculuk macerası yaşamak istiyordum ama benimle aynı hevesi taşıyan astronom bir tanıdığım yoktu. Birkaç kilometre uzaklıktaki başka bir enstitüde Doug adında bir astronom vardı ve onun gezmeye ve tırmanmaya bayılan biri olduğunu duymuştum. Kendisini telefonla aradım, çok meşguldü ama El Rancho Grande restoranından ve onun enfes gözlemesinden bahsedince yelkenleri indirdi. Restoranda buluşunca Nepal'de uzun bir yolculuk yapma planı olduğundan ama kendisine eşlik edecek kişi ayak bileğini kırdığı için bu serüveni ertelemek zorunda kaldığından söz etti. Benim zamanlamam ise mükemmeldi. Bir dizi yedek gezgin adayı daha vardı ama yanına onların yerine beni almaya ikna ettim onu. Elbette müthiş tırmanma becerilerim ve yüksek rakım tecrübelerim konusunda beyaz yalanlar söylemek zorunda da kalmıştım." Ben'in dudaklarında hafif bir gülümseme belirdi.

"Yola çıktık. Sebatla devam ettim. Hayli güç bir işti. Dokuz gün boyunca yürüdüm ve Everest'in karşısında 7161 metre yüksekliğindeki Kala Patar tepesine vardık. Fiziksel badireler atlattık ve Dünya'nın çatısının müthiş güzelliğine tanık olduk. Döndükten sonra çok geçmeden annenle beni tanıştırmak için bir buluşma ayarladı."

Ben kıs kıs güldü. Dört yaşındayken Doug'un resmini yapıp, yanına da Dünya'ya gelmesine vesile olduğu için ona dokunaklı bir teşekkür notu yazdığını kendisine hatırlattım. Hayatın bütün o iniş çıkışları, değerlendirilen ve kaybedilen fırsatları, hepsi sonunda gelip Meksika gözlemesine bağlanıyordu.

* * *

Antropik akıl yürütme biçiminin sularına ayaklarımızı soktuk ve yolculuğumuzun ileriki safhalarında bu sulara geri döneceğiz. Bu sular belki çok sıcak, belki dondurucu soğuk, belki de ideal ısıdaydı. Biz uzay ve zamanın uzak diyarlarını dolaşarak yolculuğumuzun ikinci bölümünü bitirdik. Ne galaksilerin ve yıldızların ne de gezegenlerin ve insanların henüz var olmadığı bir uzay ve zamana gittik. Bundan sonra yabancı bir diyarı keşfedeceğiz. Karşımıza çıkan davetkâr suların adı "Niçin?" sorusudur.

* * *

İlk ışık. Oluşacak ilk ve en masif yıldızı arıyorum, çünkü ilk sönecek yıldız da o olacak. Şu yakınımdaki tam ilk yıldız olmayabilir, ama olacak. Daha yeni sessiz sedasız sönmüş ve patlama dalgası yaklaşıyor. Bana ulaşınca bez bebek gibi sarsılıyorum. Ağzımı açıp tadına bakıyorum... İs tadı. Evet! Ruhum bedenimden ayrıldı ve yurtsuzum ama bir hikâyeye ihtiyacım var. Kendi eksenimde dönüp patlama dalgasının üzerinde sörf yapıyorum. Kozmosun mikrokozmosuyum ben: karbon.

Kim bilir ne kadar zamandır yüzüyorum. Zamanın izini kaybettim. Bir örümcek ağındaki çiğ taneleri gibi yapılar oluşuyor etrafım-

da. Çok uzun zamandır uzaklardayım, derken yeni oluşan bir yıldıza doğru çekiliyorum. Onun fırınının içinde cebelleşirken başka atomların saldırısına uğruyorum ama kalbime kadar ulaşamıyorlar, bu nedenle onlardan etkilenmeden yumuşak bir yıldız rüzgârına kapılıp dışarıya atılıyorum. Ben başka bir yıldızın çekimine kapılırken hız treni yarışı devam ediyor. Bu sefer neredeyse ebediyen hapsolmuş gibiyim. Ancak talih beni özgürlüğüme kavuşturabilir. Komşularım kristal bir beyaz cücenin çekirdeğine doğru çekiliyorlar ama bu yıldız oluk gibi son enerji kasılmasını kullanıp uzaya bir duman halkası püskürtüyor. Serserilikle dolu zamanlar geçiyor.

Yine başka genç bir yıldızın soğuk çevresindeki bir taşın parçası oluyorum. Zarif bir dans içinde taş ince bir parçaya sonra iri bir kayaya dönüşüyor. Bir sürü sarsıcı çarpışmadan sonra karanlık bir uzayın içindeyim. Düşük frekanslı bir gürlemeyi saymazsak etraf tamamen sessiz. Benden daha ağır akrabalarımdan yayılan ılıklık soğuğu biraz olsun yatıştırıyor. Belki de burası benim mezarım olacak.

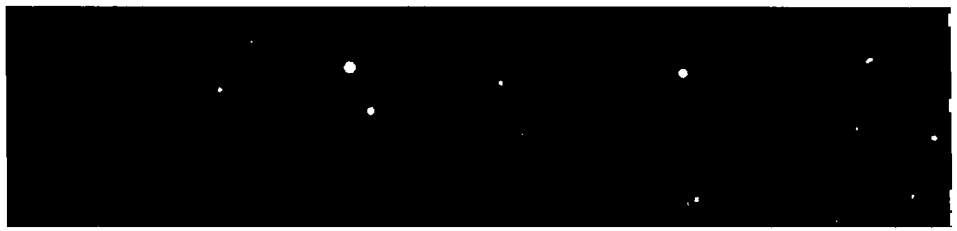
Sonra yapışkan bir magma katmanına karışıyorum ve kayanın içinden yükseliyorum. Uzun yolculuğum sırasında ilk kez gece gökyüzünü görüyorum. Suda çözünüp okyanusa karışıyorum. Oksijenle bağ kurup dolanıyorum, esintiler ve okyanus akıntılarıyla sürükleniyorum.

Sihirli bir şey; bir yaprağın yüzeyine iniyorum ve ışıkla oraya raptediliyorum, tıpkı yeşil bir çuhanın üzerine raptedilmiş bir kelebek gibi. Canlıların dünyasına girdim. Başkalarıyla birleştim, gayretkeş ve kararlıyım. Zaten bunun için var olmuşum. Biyosferi defalarca turladım. Her bir macera diğerlerinden biraz farklıydı ve hepsi de çok ilginçti. Sonra temelli bir dönüş yapınca baskın türün bir ferdi tarafından sindirildim.

Onlar sadece bir parola. Bense her şeyden önce bir atomum sadece. Hücrede yapacak işim var; didinip duruyorum. Sonra tarifsiz bir dinginlik başlıyor. Anlam veremiyorum buna, henüz vakti değildi. Bir şeyin etkisi altındayım; üzüntü olamaz bu. Üzüntüyü çözümleyemem. Yokluk bu, boşluk. Sonra sıcaklık, şiddetli ısı ve tekrar rüzgârın etkisiyle uçuşa geçiyorum. Özgür olmak karbonun kaderidir.

III

YABANCI



11

BÜYÜK PATLAMA

Çevremdeki sis sönük kırmızı parlıyor. Çeliği eritecek kadar sıcak, ama renk plazmayı soğuk gösteriyor. Yukarı ile aşağı, iç ile dış arasındaki farkı ayırt etmeye olanak tanımayacak denli kafa karıştırıcı bir sis. Sisin düzenli olarak inceldiği hissi uyanıyor içimde belli belirsiz bir şekilde ama eğer bir hareket varsa kesinlikle algılanmıyor.

Olağanüstü bir şey cereyan ediyor. Çevremdeki parıltı daha koyu ve canlı bir renge bürünüyor, kurumuş kan rengi gibi bir şey. Bu arada ışığın dokusu değişiyor. Matlığın azaldığını ve yarı saydamlıktan şeffaflığa doğru bir geçiş olduğunu seziyorum. Etkisi apaçık görülmüyor; sisin içinden beliren bir nesne yok, çünkü belirecek nesne yok. Işık keskinleşiyor. Mesafeler büyüyor. Bir kozanın içinde değilim artık. Yakut kırmızısı uçsuz bucaksız ama görünmeyen bir örüntünün içinde asılı kaldım.

Bebek evren bu. Çevremde elektronlar protonlarla eşleşti ve yanardöner plazma alelade bir gaza dönüştü. Işık artık maddenin hizmetinde değil. Uzayın içinde hiçbir engel tanımadan ilerliyor, sadece uzayın genişlemesinden etkileniyor. Dalgalar benim tespit edip algılayamayacağım kadar uzuyor. Biraz üzgünüm. Evren kararmaya yüz tutuyor. Renk gökkuşağının ucundan silinip gitmeden önce onu birisine anlatmak istiyorum, ama etrafta beni dinleyecek kimse yok.

Merak ediyorum: Şayet onu görecek kimse yoksa bu müthiş kırmızı ton bir anlam taşır mı? Ve eğer çevremdeki manzara bir düşse, bu düşü benimle paylaşan başka biri var mı?

ATEŞ TOPU

Bu hikâye yakın evrenle, yolculuk edebileceğimiz gezegenlerle başladı. Şimdilik gezegenlere sadece robot gönderebiliyoruz. Bir gün kendimiz yolculuğa çıkmaya cesaret edip yıldızları kucaklayabiliriz. Sonra uzak evreni, tarihin alanını keşfettik. Habercimiz ışıktı ve fotonların içinde fırıl fırıl döndük ve yıllar sonra karanlıkla karşılaştık. Nihayet zamanda o kadar geriye gittik ki, buna bir hikâye demek zor; her şeyden önce hikâyelerde bir anlatıcı bir de dinleyici olur, ama erken evrende ne bir şey anlatacak *kimse* vardı ne de anlatılacak *bir şey*. Ama mutlak bir yokluktan da söz edilemezdi.

Böylesine yabancı bir evrende Robert Frost'un yorumunu hatırlayarak bir metafora başvurabiliriz: "Bütün metaforlar eksiktir, bu da onların güzelliğidir." Metafor duyulardır. İnsani olmayan şeyi insanileştirmek için erken evrenin duyularla deneyimlenebileceğini hayal edebiliriz. "Büyük patlama" deyimi sesle işe başlamamız gerektiğini salık veriyor.

Avustralya yerlilerine göre Düşzamanı zamandan önceki zaman, evrenin ilk halidir. Yaratılış'a "Düşlem" denir ve insanlığın sonsuz varoluşu içinde bir fasıla misali bireysel yaşamıyla her insan Düşlem içinde ebedidir.[1] Şarkı sözleri Düşlem sırasında yaratıcı-varlıkların kat ettiği yollardır. Sözgelimi, Kuzey Topraklarında yaşayan Yolngu kabilesi Venüs gezegeniyle bağlantısı olan ve ilk insanların Avustralya'ya gelmesine önayak olmuş ve doğudan batıya giderek bitkileri, hayvanları ve toprak parçalarını yaratıp adlarını koymuş yaratıcı-varlıklardan söz eder. Modern zamanlarda Avustralya yerlileri geniş arazilerde yolculuk ederken yaratılış "şarkısını" söyler ve totemik atalarına saygı gösterirlerdi.[2] İleride göreceğimiz gibi, modern kozmoloji de evreni yaratan bir "şarkı"dan söz eder.

Evrenin tarifsiz bir sıcakla başladığı ve akla hayale gelmeyecek bir soğukla sona ereceği göz önüne alınırsa, bizim bu evrendeki yerimiz neredeyse kusursuzdur. Gelecek sefer gü-

neşli bir gün bir park ya da çay bahçesinde otururken, her şeyin yerli yerinde olduğuna şükredin. Bazen hava durumuyla ilgili serzenişte bulunabiliriz ama uç hallerde bile üzerimize kalın kıyafetler giyerek veya soyunarak durumu idare edebiliyoruz. Ne var ki ayağımızın 80 km altında sıcaklık öylesine yüksektir ki birkaç dakika içinde son nefesimizi verebiliriz. Ve yine başımızın 80 km üstünde ciğerlerimizi patlatacak denli dondurucu olan bir uzay boşluğu bulunmaktadır. Basit bir dille ifade edecek olursak evren yıldızlar ve onların arasındaki uzaydan oluşmuştur. Bizler Güneş'e yakın, yaşama elverişli nazik bir bölgeye sıkışmış durumdayız, ama ateşler evrene seyrekçe saçıldığından uzay ekseriyetle çok soğuk, hatta dondurucudur.

Evren her zaman soğuk ve boş değildi. Hubble yaptığı keşfin sonuçlarını araştırma konusunda garip bir şekilde ketumdu. Genişleyen uzay fikrini benimsemeye pek yanaşmıyordu ve genel görelilikten habersizdi. Genişlemenin tarihi hakkında fikir yürütme işiyle ilgilenmiyordu.

George Lemaître'in böyle tereddütleri yoktu. Kendisi genel görelilik kuramına başvurarak genişleyen evren için gerçekçi bir model sunan ilk bilimadamıdır. Nitekim şöyle demiştir: "Evrime ilişkin bir patlama kuramımız olmalı. Patlama sona erdi ve geriye dumanı kaldı. Kozmoloji patlamanın görkemini resmetmeye çalışmalı."[3] Lemaître "zamanı geriye sarmanın" bizi geçmişte daha küçük, daha sıcak ve daha yoğun olan bir evrene götüreceğini biliyordu. Ve "ilk atom" ve "dünü olmayan gün" dediği özelliklere sahip bir başlangıç halini hayal ediyordu.

Lemaître bir Cizvit rahibiydi. Belçika'da doğdu. İnşaat mühendisliği tahsili Birinci Dünya Savaşı yüzünden kesintiye uğradı. Orduda topçu subayı olarak görev yaptı ve üstün hizmet madalyası kazandı. Savaştan sonra yolunu değiştirip fizik ve matematik alanlarında çalışmaya başladı ve Einstein'ın kütleçekimi üzerine yaptığı yeni kuramsal çalışmasından çok

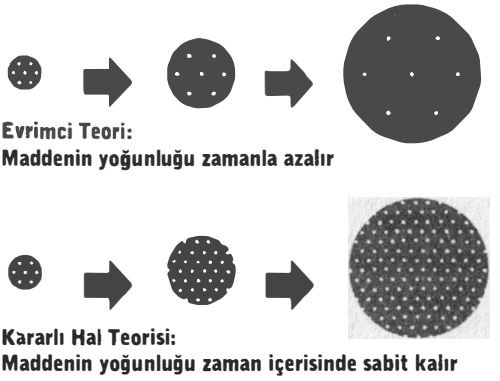
etkilendi. Matematikte doktorasını yaptıktan sonra Katolik Kilisesi'nde görevlendirildi. Bilimde ikinci bir doktora daha yaptıktan sonra uzmanlarından –Cambridge'de Eddington ve Harvard'da Shapley'den– astronomi öğrendi. 1927'de genişleyen evren hakkındaki yeni düşüncelerini sunan bir makaleyi çok fazla okunmayan bir Belçika dergisinde yayınladı. Aynı yıl Brüksel'de Einstein ile konuştu ama büyük adam ondan pek etkilenmişe benzemiyordu. Nitekim ona şu sözleri sarf etti: "Matematiğiniz doğru ama fiziğiniz berbat."[4]

İki yıl sonra Hubble evrenin genişlediğini gösterdi. Eddington, Lemaître'in çalışmalarının büyük destekçisi oldu ve makalesinin 1930'da İngilizceye çevrilmesine yardım etti.[5] Fiziksel evren ile ruhsallık arasındaki ilişki hakkında Londra'da yapılan bir toplantıda Lemaître uzay ve zaman için bütün madde ve enerjiyi içeren bir başlangıç noktası önerdi. Çoğu bilimadamı bu fikirden hoşlanmadı. Eddington kozmolojinin problemlerine getirdiği "parlak çözümlerden" dolayı onu övdü ama evrenin başlangıcı fikrini "itici" buldu.

Sonunda Einstein ortaya çıktı. Lemaître ile birlikte 1933'te California'da birer konuşma yaptıkları sırada Einstein onun konuşmasının ardından ayağa kalkıp alkışladı ve şöyle dedi: "Yaratılışla ilgili şimdiye değin duyduğum en güzel ve en tatmin edici konuşmaydı."[6]

Büyük patlama. Bu terim kozmologların evrenin doğuşu için kullandığı biraz ukalaca bir terimdir. Yeterli madde ve enerjiyle bütün uzay ve zamanın bir anda yaratılması ve sonra 100 milyar galaksinin oluşup bir milyon çarpı milyar çarpı milyar çarpı milyar küp ışık yılı büyüklüğünde bir hacme dağılmasını anlatır. İhtiyatlı bir tavırla astronomlar bu terimi küçük harflerle yazarlar: büyük patlama. Abartmaya gerek yok, zorlamaya da.

Aslında "büyük patlama" tabiri 1949'da Fred Hoyle ile yapılan bir radyo röportajında ortaya atıldı. Hoyle önceki yıl Thomas Gold ve Hermann Bondi adlarındaki iki meslektaşıy-



Şekil 11.1. Evrimci bir kuram olan büyük patlama kuramına göre evrenin ortalama yoğunluğu uzay genişledikçe zamanla değişir. Buna karşın, kararlı hal kuramı genişleyen uzayda oluşan boşlukları doldurmak için yeni maddenin yaratıldığını, böylece evrenin ortalama yoğunluğunun değişmediğini öne sürer.

la birlikte rakip bir teori ortaya atmışlardı: "kararlı hal" (veya durağan evren). Hoyle daha sonra teorilerinin isminin asla küçültücü bir amaç taşımadığını ve iki teori arasındaki karşıtlığı vurgulamak için bu çarpıcı tabiri seçtiklerini ifade etti. Üç adam birbirlerine uymayan mizaçlarıyla çalışmaya koyuldular. Hoyle lafını esirgemeyen, sezgileri güçlü, çok yönlü ama disiplinsiz bir Yorkshire'lıydı. Bondi ise hesap kitap yapan disiplinli biriydi. Gold'a cüretkâr bir fiziksel imgelem bahşedilmişti. İkinci Dünya Savaşı sırasında radar araştırması üzerine çalıştılar ve 1947'de üçü de meşhur İngiliz korku filmi *Dead of Night*'ı (Ölüm Gecesi) seyretmişti. Film türlü kavisler çizdikten sonra başladığı yere geliyordu ve bu da üç adama değişmeyen ama dinamik bir evreni hayal etme olanağı sundu. Hoyle'un dediği gibi: "İnsan değişmeyen durumların durağan olması gerektiğini sanıyor. Hayalet hikâyesinin üçümüze ilham ettiği şey ise bu yanlış fikri bir kenara bırakmak gerektiğiydi. Tıpkı düzgün akan bir nehir gibi değişmeyen ama dinamik durumlar pekâlâ olabilir." (Şekil 11.1).[7]

Kararlı hal kuramı da evrenin genişlediğini kabul eder ama galaksiler arasındaki boşlukta makul oranda maddenin yaratıldığını öne sürer. Anında yaratılan bu madde –her bir milyar yılda metreküp başına bir hidrojen atomu– galaksilerin oluşması ve evrenin uzay ve zamanın her noktasında aynı görünmesi için yeterlidir. Kuramcılar bunu "mükemmel kozmolojik ilke" diye adlandırdı. Hoyle, Bondi ve Gold kozmolojik ilkeyi uzay ve zamana uygulamanın daha zekice olacağını düşündüler ve vakumdan mütevazı düzeyde bir madde yaratımı ödenecek küçük bir bedel gibi görünüyordu. Eski yıldızlar ve galaksiler birbirinden ayrılırken yenileri geride kalan boşluğu doldurabilirlerdi. Hoyle, 100 milyar galaksiyi yoktan meydana getirmek için gereken maddeyi birdenbire yaratmak yerine, uzay boşluğundan düzenli olarak azar azar madde yaratmanın daha makul olduğundan emindi. Büyük patlama şapkadan tavşan çıkaran sihirbazın uç bir versiyonuna benziyordu.

1950'lerde iki kuramı birbirinden kesinkes ayıracak bir gözlem yoktu. Bir süre kararlı hal kuramı rağbet gördü. Büyük patlamanın öngördüğü gibi evrenden bir tekillik olarak söz etmek mantıklı görünmüyordu ve başından beri fizik yasalarının çok farklı koşullarda değişebileceğini düşünmek kozmologların canını sıkıyordu. Ayrıca Hubble'ın bir ölçümünde evrenin yaşı Güneş Sistemi'nin yaşından daha küçük çıkmıştı. Bu yaş problemi 1960'larda, başlangıcı olmayan kararlı hal evreniyle birdenbire çözüldü.[8] Dahası, büyük patlama modeli geçmişe bakış zamanıyla ve yüksek değerde kızıla kaymaya sahip eski galaksilerle artan bir genişleme hızını öngörüyordu. Oysa kararlı hal modeli buna karşı çıkıyordu. Bu son iki tahmini test etmek için yeterli veri yoktu elimizde.

Lemaître 1950'de İngiltere'de yayımlanan popüler kitabı *The Primeval Atom Hypothesis* (İlk Atom Hipotezi) ile kendi büyük patlama görüşünü ortaya koydu. Bilim camiasından olmayan pek çok insana göre bir Cizvit rahibinin kozmolo-

jiye bu denli büyük katkı yapması garipsenecek bir şeydi. Lemaître ise istifini bozmuyordu. Zaten genellikle soğukkanlı bir insandı. Fakirlik, namusluluk ve itaatkârlık yemini etmiş olması bütün dünyevi hazları reddettiği anlamına gelmiyordu. Arkadaşları onu canayakın ve neşeli görüyorlardı. Komşuları gürültüye bayılmadıkları ve evinden taşınması için ona baskı yaptıkları halde piyano çalmayı seviyordu. Dairesinden çıkarak yaptığı yürüyüşlerin çoğu yakındaki pastanede son buluyordu. Gözde içkisi buzlu viskiydi. Onun biyografisini yazmış yazarlardan birinin dediği gibi, "Tanrı'nın istifademize sunduğu güzel şeyleri seviyordu. Leziz bir keke, güzel bir içkiye, damak tadına hitap eden bir sofraya, aklın sınırları içindeki her şeye burun kıvırmazdı."[9]

Benim bilim, din ve hedonizm arasındaki uyuma ilişkin fikrim Tuscon'da bulunan Kino House'daki havuzda yüzerken oluştu. Kino House, Vatikan Gözlemevi'nde çalışan bir grup bilimci-rahibin yarı zamanlı rezidansıdır. Zamanlarını Roma'nın hemen dışındaki Castelgondolfo'da bulunan papalığa ait yazlık saray ile benim üniversitemde çalıştıkları ve Pinaleño Dağı'ndaki teleskopu çalıştırdıkları Güney Arizona arasında mekik dokuyarak geçirirler. 1981'de Tucson'u ilk kez ziyaret ettiğimde Kino House'da Cizvitlerle beraber kaldım ve ağzına kadar dolu buzdolaplarına ve içki dolaplarına hayran kaldım. Bir geceyi gözlemle geçirdikten sonra ertesi gün (bir pazar günü) suyu ısıtılmış havuzda dinlenirken bir grup insan sahildeki kulübenin içine girdi. Elimde margarita ile durumu gözden geçirdim. İçkimi bitirip servisi mi beklemeliydim, yoksa üzerimdeki şortla kalabalığın içine mi dalmalıydım?

Geçen yıllar zarfında çok sayıda din adamıyla tanıştım ve onları değerli arkadaşlar ve meslektaşlar olarak gördüm. Castelgondolfo'daki yaz okullarında defalarca ders verdim. Ders aralarında papalığa ait sarayın surları içindeki yüksek avluda kahve içip yemek yerken volkanik bir kraterin için-

de oluşmuş civardaki gölün panoramik manzarasının keyfini çıkardım. Papalığa ait bahçelerdeki üzümlerden yapılma şaraplar her daim servis ediliyordu, atmosfer dinlendirici ve neşeliydi. Öylesine neşeliydi ki inançsızlığım biraz olsun zayıfladı. Ama yeminlere, özellikle bekârlıkla ilgili olana razı olup imzamı atacak kadar değil.

Vatikan Gözlemevi'nin çalışanları Lemaître'in gerçek varisleriydi. Hepsi de astronomide doktora diploması almıştı ve aynı zamanda bilfiil dinadamlığı yapıyordu. Birisi gıcır gıcır bisikletiyle Lazio'nun dar sokaklarını dolaşmayı seviyordu. Bir başkası öğrencilerini eğlendirmek için uyduruk melek kanatları takıyordu. Babacan tavırlı bir üçüncüsü ara sıra BBC'de radyo şovu düzenliyordu. Bunlar renksiz, sıkıcı dinadamları değildi. Bu küçük klanın uzmanlık alanı genel görelilik olan başka bir üyesiyle birlikte kozmoloji dersleri verdim. Dört kuvvetin birleştirilmesine kadar geri giden bir fizik kuramına inandığını söyleyerek takıldım ona. Dolayısıyla onun "boşlukların Tanrısı" büyük patlamadan sonra saniyenin minik bir kısmına sıkışıp kalmıştı ve geri kalan kısma bilimciler hükmediyordu. Benim bu alaycı esprime anlayışlı bir şekilde gülümsedi.

YARATILIŞTAN MİKRODALGALAR

Bulutlar hem sıradan hem sihirli şeylerdir. Bazen dışarı çıkıp çimenlerin üzerine uzanın ve çocukluk günlerinizi anımsayın. O günlerde gökyüzünü boydan boya dalgalanarak arşınlayan bulutlar esrarengiz şekillere bürünüp resmi geçit yaparak eğlendirirdi sizi. Alçaktan süzülen gri renkli bulut öbeklerinden pamuk gibi bembeyaz küçük yuvarlak bulutlara kadar hepsi ruh halinize ayna tutar veya onu etkilerdi. Bulutların günbatımını veya gün doğumunu yansıttıkları anda rengârenk paletlerinde oluşan renkleri hatırlayın. Ve pürüzsüz dümdüz bir bulut kümesinin gökyüzüne yayıldığını gördüğünde hay-

ranlıkla titremeyen bir insan var mıdır? Bulutların hayatımızdaki yeri pastadan daha önemsiz hale gelir oldu.

Işık bir bulutun derinliklerine nüfuz edemez ama içerisi ile dışarı arasında büyük bir farklılık yoktur. Bir bulut, su buharı damlacıklarının yoğunluğunun ortalamadan yüksek olduğu, fotonların damlalardan sık sık sekmesine yol açacak kadar yüksek olduğu bir bölgeyi işgal eder. Sonuçta bulut opaktır. Bulutun çeperinde daha az su buharı bulunur ve ortalama olarak fotonlar dışarı çıkarken damlalara çarpmazlar, bu nedenle net bir çeper görürüz. Bulutun görünürdeki katılığı bir yanılsamadır.

Aynı şey Güneş için de geçerlidir. Bunun hiç deneyini yapmadık ama varsayalım ki yüksek ısıya dayanabilen farazi bir uzay gemisi içinde bir astronot Güneş'e girdi. O zaman bir sarsıntı hissetmez,[10] Güneş'in "çeperi" diye gördüğümüz yerden içeri girerken ısı ve yoğunlukta düzenli değişimler hisseder; kesintiye rastlamaz. Bir an, belirgin şekillerdeki ışık ve karanlık örüntülerin yüzeyine doğru ilerlerken, sonraki an bulanık bir sisin içine girer. Güneş'in veya herhangi bir yıldızın görünür yüzeyine fotosfer denir. Burası Güneş'in opak bölgesiyle şeffaf bölgesi arasındaki sınırı işaret eder. Güneş'in yüzeyi bir bulutun sınırından daha belirgin olmayan bir yanılsamadır.

Erken evren hem bir bulutun serinliğinden hem de Güneş'in sıcaklığından uzaktır, ama fizik her yerde aynıdır. Eğer genişleyen evrende zamanı geriye alırsak, büyük patlama modeli zamanda geriye doğru gidildikçe daha sıcak ve daha küçük bir evreni öngörür. Kızıla kayma ışık ve uzayın genişlemeyle birlikte ne kadar açıldığını ölçer ve geçmişe uzun erimli bakışta kızıla kayma aslında, ışığın yayıldığı zamanda evrenin kaç kat daha küçük ve daha sıcak olduğunu veren değerdir.[11] Evren günümüzdeki yaşının yüzde 5'i kadarken, 10 değerinde kızıla kaymada evren günümüzdekinden 10 kat daha küçük ve daha sıcaktı. 13,6 milyar yıl önce

ilk yıldızlar oluştuğunda veya 30 değerinde kızıla kaymada, evren günümüzdekinden 30 kat daha küçük ve daha sıcaktı. O zamandan önce –büyük patlamadan 100 milyon yıl sonra– evren bol miktarda kütleye ve enerjiye sahipti, boş değildi ama bir "şey" içermiyordu.

Bebek evren, çevremizde gördüğümüz evrenden birçok bakımdan daha kolay anlaşılırdı.

Bu, akla yakın gelmediği için sebebini açıklamalıyız. Evren ilginçtir, çünkü insanları, gezegenleri, yıldızları ve galaksileri içerir. Yapı muazzam uzunlukta bir mesafeye yayılır ve her ne kadar yapı, enikonu anlaşılan kütleçekim kuvvetleri ve elektromanyetizmanın bir sonucu olsa da ayrıntıları öngörülemezdir. Genişleyen bir evrende madde ve enerjinin tamamen düzgün bir dağılımıyla başlayarak *bizim galaksimizi* ya da *bizim yıldızımızı* veya *bizim gezegenimizi* meydana getirebilen ve nihayet bizi öngörebilen bir simülasyon yok. Kuram ve bilgisayar simülasyonlarının yapabileceği tek şey yapıların genel yapısını ve istatistiksel özelliklerini öngörmektir.

Karmaşık yapı tatmin edicidir ama onu anlamak için çaba harcamak gerekir. Bir galaksi oluşurken ve yoğunlaşan gaz yıldızlar ile gezegenleri meydana getirirken bu süreç kaotik ve çalkantılıdır, hiç de doğrusal bir seyir izlemez.[12] Sizin içine doğduğunuz evrenden milyar kere milyar yoğun olduğunuzu hatırlayın; muazzam yoğunluk oranları yelpazesinde evrimi güvenilir şekilde öngörmek çok zordur. Astronomlar galaksilerin, yıldızların ve gezegenlerin oluşumunu ancak kaba hatlarıyla anlayabilmişlerdir ve haklı olarak insanların oluşumunun anlaşılması meselesini biyologlara bırakırlar.

Öte yandan tüm erken tarih boyunca evren bir gaz gibi hareket etmiştir ve gaz sıcaklık, yoğunluk ve basınç arasındaki basit bir ilişkiyle tarif edilir. Evren kütleçekimi kuvvetiyle şeyleri varlık sahasına çıkarmadan önce, tek bir varlık olarak görülebilir. Eğer erken evren bir gaz idiyse, ısısına uygun dal-

ga boyunda bir ışıma yaymış olmalıdır. Zeki ve uyanık fizikçi George Gamow büyük patlamadan bir ışıma "arta kalmış" olması gerektiğini söylemişti.

Gamow o zamanlar Sovyetler Birliği'nin bir parçası olan Odessa'da dünyaya geldi. Erken yaşlardan itibaren bilime ilgi duydu. Yıldızları gözlemlemesi için ailesinin ona aldığı teleskobu kullandı ve babası ona bir mikroskop verdiğinde, onu kullanarak yerel kilisedeki ayin ekmeğinin normal ekmekten farklı olup olmadığını öğrenmeye çalıştı. Farklı çıkmayınca, Gamow ayin ekmeğinin sihirli özelliklerinin olmaması karşısında şaşkınlığa uğradı. Radyoaktivite kuramına büyük katkılarda bulundu ve Rusya Bilimler Akademisi'ne seçilen en genç kişilerden biri olma payesi kazandı. Fizikteki sınır meselelerini tartışmak için üç meslektaşıyla sık sık bir araya geliyordu. Gamow kıvrak zekâlı, muzip biriydi ve bu vasfını Üç Silahşorlar diye adlandırırdı. Fakat parlak zekâsı Stalin rejiminin artan baskısının gölgesinde kaldı. Silahşorlardan biri bir katliamda öldürülmüştü. Gamow ve karısı içinde bulundukları tehlikeyi sezince kaçmanın yollarını aradılar. İki kez kayıkla Karadeniz üzerinden Türkiye'ye geçmeye çalıştılar ama her seferinde kötü hava şartları onları geri dönmeye mecbur etti. Sonunda Brüksel'de bir fizik konferansına katıldıkları sırada iltica etmeyi başardılar.

1940'ların sonlarında Gamow öğrencisi Ralph Alpher ile birlikte, büyük patlamayı rakip kuram kararlı halden ayırt edecek varsayımlar üzerinde çalışmaya başladı. Birlikte bir makale yazarak, evrenin bir yıldızın çekirdeği kadar sıcak olduğu zamanda helyum ve diğer hafif elementlerin gözlemlenen miktarlarını nasıl üretmiş olabileceğini gösterdiler. Gamow, çalışmada yer almamış olsa da Cornell fizikçisi Hans Bethe'nin de ismini makaleye eklemişti, böylece yazar adları Alpher, Bethe ve Gamow Yunan alfabesinin ilk üç harfini anıştıran bir ibareye dönüşecekti. Büyük patlamadan kalan parıltının milyarlarca yıl sonra soğuyarak mutlak sıfırdan sa-

dece 5 derece fazla bir sıcaklığa düşmüş olması gerektiğini tahmin eden ayrı bir makale daha kaleme aldılar.[13]

Gamow zengin ve renkli bir kariyer yaptı. Çocuklar için fizik hakkında, içlerinde kendi çizimlerinin de yer aldığı bir dizi ilginç kitap yazdı. Dört DNA bazının üçlü kombinasyonlarının proteinleri kodlayan aminoasitleri oluşturduğunu öne süren ilk bilimadamı olarak moleküler biyolojide çığır açıcı bir rol oynadı. Ne yazık ki alkolü de fiziği sevdiği kadar seviyordu ve altmış dört yaşında alkolizmle bağlantılı hastalıklar yüzünden öldü.

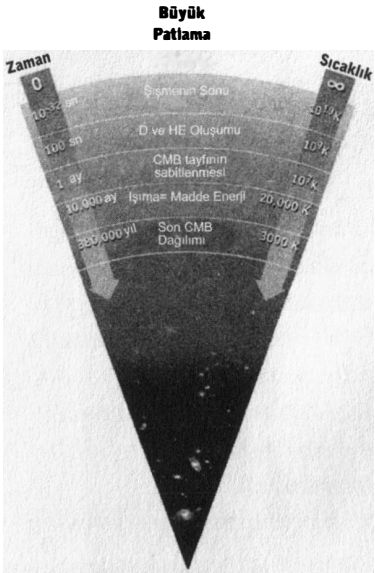
Büyük patlamadan kalan ışımaya dair tahmin on yıldan fazla bir zaman ihmal edildi. Mutlak sıfırın birkaç derece üstünde sıcaklığa sahip ısısal ışıma birkaç milimetrelik dalga boyuna sahiptir ve birisi çıkıp bu ışımayı incelemek isteseydi bile ışımayı saptayacak teknoloji mevcut değildi.

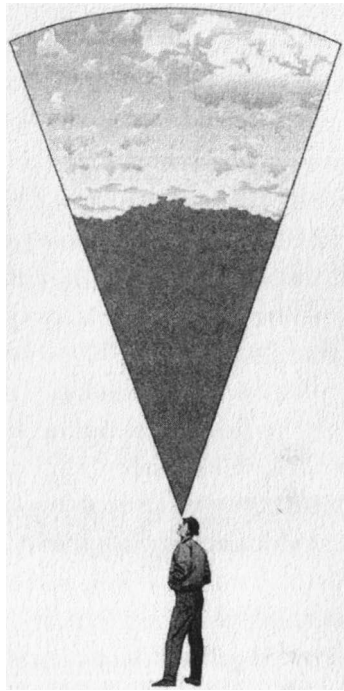
SİS KALKIYOR

Evrenin sis perdesinin aralanması büyük patlamadan 380.000 yıl sonra gerçekleşti. O zaman genişleyen gaz, elektronların protonlarla birleşerek kararlı atomları oluşturmasına olanak tanıyacak kadar soğumuştu. Atomlar meşgul olduğu için ışık enerjik elektronlar yüzünden yalpalamadan serbestçe yol alabiliyordu. Evren opaklıktan saydamlığa geçti. Sis kalktığında evren günümüzdekinden 1000 kat daha sıcak ve daha küçüktü (Şekil 11.2).

Evrenin yaşının ilk binde birlik zamanına dönüyoruz. Eğer evren şimdi hayatının baharında kırk yaşındaysa o zaman evren doğum kanalından geçişinin sersemliğini üzerinden henüz atamamış bir halde inleyen bir bebekti.

Evren, sınırı uzayda değil de zamanda olan soğuk kırmızı bir yıldıza benzer. 3000 Kelvin derece yüzey sıcaklığına sahip bir yıldızın bir sınırı var görünür, ama herhangi bir özelliğinde keskin geçiş söz konusu değildir. Görünür yüzeye karşılık





Şekil 11.2. Evrendeki görüş sınırımız büyük patlamadan 380.000 yıl sonraki zamana, yoğunluğun fotonların serbestçe yol almasına olanak tanıyacak derecede azaldığı bir zamana karşılık gelir. Ondan önceki olaylar görüş alanımızın dışındadır. O zamana ait fotonlar genişleyen evrenle kızıla kaymış ve her yanımıza yayılmıştır. Aynı şekilde, bir bulutun çeperi fotonların serbestçe yol alabildiği yerdir; bulutun içinde ışık etrafta sekip durur ve bulut bu yüzden opaktır.

gelen bir yarıçapta gaz yoğunluğu fotonların artık etkileşim kurmadığı bir değere düşer. Fotonlar serbestçe yol alırken, biz bu yarıçapı yüzey olarak görürüz; içerisi opaktır. Genişleyen evrende, büyük patlamanın üzerinden 380.000 yıl geçmemişken, yoğunluk ve sıcaklık öylesine yüksekti ki atom yoktu. Bütün elektronlar ve protonlar ortalıkta birbirinden ayrı uçuşuyordu ve ışık yolundan sapmadan uzun mesafe

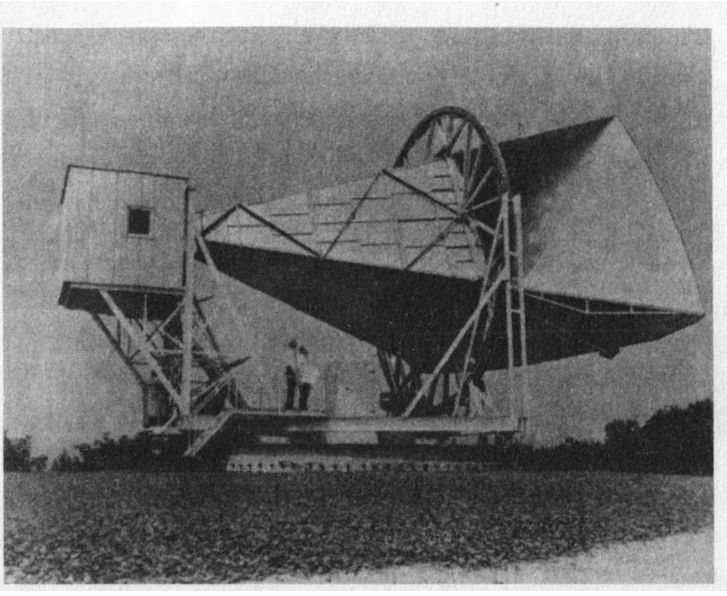
kat edemiyordu. O zamandan önce evren saydam değildi. O zamandan sonra elektronlar atomları kendine çekip nötr maddeyi oluşturdu ve ışık nadiren atomlarla etkileşim kurdu. Perde kalktı ve evren saydam oldu.[14]

O zamanlar evreni dolduran ışıma görüş menzilinin hemen ötesindeki elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölgesinde 2 mikronluk dalga boyuna sahipti. Ondan sonra evren 1000 kat daha büyüdü ve bütün dalgalar 1000 kat daha uzayıp 2 milimetrelik dalga boyuna ulaştı ki değer elektromanyetik spektrumun mikrodalga bölgesidir. Sıcaklık da aynı oranda düştü, kavurucu 3000 Kelvin'den dondurucu 3 Kelvin'e. Büyük patlama modelinde, yaratılıştan yayılan mikrodalgalar uzayın her metreküpüne sızmış olmalıdır.

Bu, bilim tarihinin en çarpıcı ve rastlantısal keşiflerinden biridir.

Modern kozmolojinin doğuşu beklenmedik iki unsura bağlıydı: parazit ve kuş pisliği. 1964'te radyoastronomlar Arno Penzias ve Robert Wilson New Jersey'deki Bell Laboratuvarları'nda çalışıyorlardı. O zamanki telefon şirketi esaslı bir araştırmayı teşvik etti, çünkü bu ticari değeri olan bir teknolojiye ulaşmayı sağlayabilirdi. Bir zamanlar ilk uydu iletişim sistemlerini test etmek için kullanılmış –kocaman bir kulak borusuna benzeyen– 6 metrelik huni biçimli bir antene el attılar ve donanımı dikkatlice hazırlayıp sönük radyo kaynaklarını gözlemlediler. Radyoastronomlar her türden parazitle uğraşmak zorundadırlar; Penzias ve Wilson da radarın ve radyo yayının etkilerini bastırmak veya ortadan kaldırmak için epey uğraştılar ve arkaplandaki gürültüyü azaltmak için sıvı helyumla dedektörü soğuttular. Böylece verilerinde sabit seviyede bir ses veya "radyo cızırtısı" saptayınca şaşkınlığa ve yılgınlığa kapıldılar. Şiddeti değişmeyen gizemli gürültü gökyüzünde gece gündüz muntazam şekilde yayılıyordu (Şekil 11.3).

Penzias ve Wilson sistematik ve adamakıllı deneyci bilimadamlarıydılar ve güvercinlerin fırtınalı New Jersey kışın-



Şekil 11.3. Arno Penzias ve Robert Wilson büyük patlamadan kalan ışımayı 1965'te keşfetmelerine yardımcı olan 6 metrelik huni antenin önünde görünüyorlar. Bell Laboratuvarları'nda çalıştılar ve bilinen herhangi bir karasal veya göksel kaynaktan yayılmayan çok düşük ısıda zayıf bir mikrodalga sinyali buldular.

da huniye sığındıklarını fark ettiler. Bell Laboratuvarları'nın teknik hatıratında durumu güzelce anlattıkları gibi, "beyaz ince bir yalıtkan filmin" söz konusu gürültünün kaynağı olabileceğini düşündüler. Fakat güvercinlerin pisliğini temizledikten sonra ekstra gürültünün kaybolmadığını gördüler. Bunun üzerine onun Samanyolu'ndan geldiği sonucuna vardılar, ama emisyonu bilinen herhangi bir radyo dalgası veya mikrodalga kaynağıyla da özdeşleştiremediler. Penzias ve Wilson böylece büyük patlamanın "kesin kanıtını" tesadüfen bulmuş oldular.

Bu arada sadece 65 km ötede bulunan Princeton'daki bir araştırma grubu erken sıcak evrene ait mikrodalgaların peşine düşmüşlerdi, ama ilk keşfi yapacak kadar hızlı davranmadı-

lar. Robert Dicke İkinci Dünya Savaşı sırasında müttefiklerin savaş uçaklarına radar yerleştirme çabasının bir parçası olarak 1940'larda mikrodalga tarama üzerinde çalıştı. Daha iyi teçhizatla keşfi 1946'da yapabildi. Gamow'un çalışması araştırma literatüründe gölgede kaldı ve Dicke ile ekibi tarafından tanınmadı. Derken 1964'te iki Rus kuramcı sıcak büyük patlamadan yayılan ışıma ihtimaline tekrar dikkat çektiler ve bu ışımanın saptanabileceğini ileri sürdüler. Onların makalesinden etkilenip heyecanlanan Dicke Princeton Üniversitesi'nin fizik bölümünün çatısına küçük bir anten yerleştirdi. Fakat daha veri almasına fırsat kalmadan Penzias ve Wilson kendi keşiflerini yapmışlar ve bunun anlamını öğrenmişlerdi. Dicke ekibini toplayıp onlara "Beyler, voleyi vurduk" dedi.

Princeton grubu ve Bell Laboratuvarları ekibi büyük patlamadan yayılan mikrodalgaların gözlemlenmesi ve yorumlanması üzerine arka arkaya makale yayımladılar, ama övgüler genellikle keşiflere yapılırdı, bu nedenle sadece Penzias ve Wilson 1978'de fizik dalında Nobel Ödülü kazandı.[15] Bell Laboratuvarları'ndaki patronları Ivan Kaminov genç araştırmacıların şansını gülerek anımsatıp hadiseyi güzelce özetledi: "Onlar pislik ararken altın buldular; çoğumuzun başına tam tersi geliyor."

Büyük patlama nerede? Büyük patlama her yanımızda. Aldığınız her nefeste yaratılıştan kaynaklanan on binlerce mikrodalga var. Bu size tehlikeli gelebilir, ama onların enerjisi zayıftır; büyük patlamanın bu kalıntısının ışıma şiddeti 10^{-5} vat, yani bir ampulün on milyonda biri kadar radyo gücüdür. Bu gözlem Lemaître'in "ilk atom" varsayımının güçlü bir kanıtı oldu.

KESİNLİK KOZMOLOJİSİ

Astronomlar mikrodalga gökyüzünün daha iyi resimlerini elde edebilmek için neredeyse kırk yıldır çalışıyorlar. Gördüğümüz gibi, optik teleskoplar çok eski galaksileri buluyor,

ama araştırma büyük patlamadan birkaç yüz milyon yıl sonrasında sıfırı tüketiyor, çünkü evren ışık kaynağı olmayan, yolu izi bulunmayan bir enginliktir. Mikrodalgalar evrenin şimdiki yaşının sadece yüzde 0,003'ü yaşında olduğu andaki fotoğrafını veriyor. Kozmolojideki diğer kanıtlardan ziyade bu bebeklik resimlerinden çok şey öğrendik.

Kozmik mikrodalga arkaplan ışıması veya kısaca KMAI bizi genişleyen evrenin tenha derinliklerine sokuyor. Güneş ışığı basittir. Güneş orada biz buradayız ve güneş ışığı oradan buraya yol alır. Büyük patlamadan kaynaklanan mikrodalgalar her yanımızda mevcuttur ve her yönde ilerler. Bizler çevremizdeki havadan toz zerrelerini toplarken radyoteleskoplar mikrodalgaları toplar. Ama onlar Güneş ışığı gibi A noktasından B noktasına dosdoğru yol almaz. On milyarlarca ışık yılı boyunca uzayın içinde çok farklı yollar izleyip karamel gibi uzayarak 1000 kat uzun dalga boylarına ulaşmışlardır. Radyoteleskoplar mikrodalgaları toplar ve ışımanın maddeyle etkileşime geçtiği en son anın görüntüsünü oluşturur. Her ne kadar sonuç bütün yönleriyle gökyüzünün bir "haritası" olsa da bizler ne merkeziz ne de bu kadim ışımanın hedefiyiz. Uzak bir galaksiden bakan farazi astronomlar aynı mikrodalga uzayını görürlerdi.

Bizlerin her bir fotonu 13 milyar yılı aşkın bir zamandır kesintisiz yol alan ve her yönden gelen düşük düzeyli bir ışıma banyosu içinde olduğumuzu düşünmek çok garip. Fakat bu durum çok daha eski bir zamanda, büyük patlamadan hemen sonra, fiziksel hali çok farklı olan bir evrenin resmini yapmamıza olanak tanıyor.

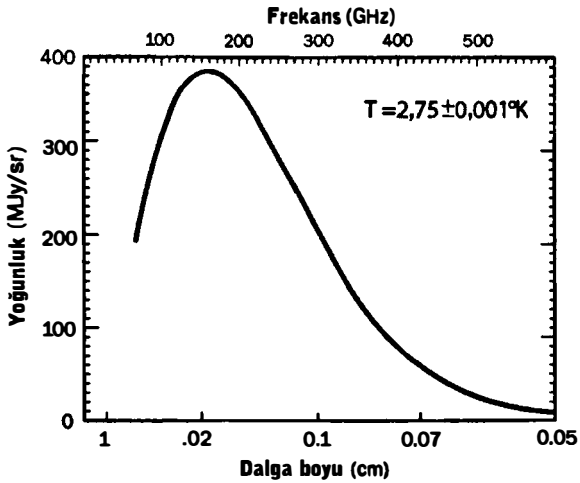
Penzias ve Wilson keşif gözlemlerinde saptadıkları mikrodalga ışımasının temel özelliklerini tespit ettiler. Işımanın saptanabilir olduğu apaçık bir gerçek olduğundan büyük patlamadan geriye kalan çok sayıda foton olmalıdır. Bir küp şeker hacmindeki her uzay parçasında bin tane foton olduğu kesindir. Öyleyse evrende ne kadar foton var? Gelin, biraz matema-

tik yapalım, hesabı ilk yapan çığlık atsın: $10^{33} \times 10^{53} \times 1000 = 10^{89}$ foton (Evrenin hacmi 10^{33} ışık yılı küptür, bir ışık yılı küpe 10^{53} küp şeker sığar ve bir adet küp şekerde bin foton vardır). Bu, bilimdeki en büyük yalın sayıdır; milyarlar, hatta trilyonlarla uğraşan cevval astronomları bile etkileyen bir rakamdır.

Penzias ve Wilson mikrodalga sinyalinin karasal veya göksel herhangi bir kaynaktan gelmediği için sıradışı olduğunu biliyorlardı. Işımanın düzgün oluşu en önemli özelliklerinden biridir. Ne kadar düzgündür? 1965'te yapılan deney onun yüzde bir, iki ya da üç oranından fazla değişmediğini söylememizi sağlayacak kadar iyiydi. Fazla bilgi sunmuyordu. Daha iyi bir deney yapmaları için astronomların, zeminden gelen mikrodalgaları saptamaya çalışan bir kimseye engel olan radyo, radar ve televizyon parazitlerinin kakofonisinden kurtulacak bir uyduya ihtiyaçları vardı. 1975'te NASA mikrodalgaları yüksek hassaslıkla saptayabilecek bir uydu tasarlamaları için bir bilim ekibini görevlendirdi. Kozmik Arkaplan Kâşifi uydusu (COBE) 1989 yılının kasım ayında fırlatıldı.

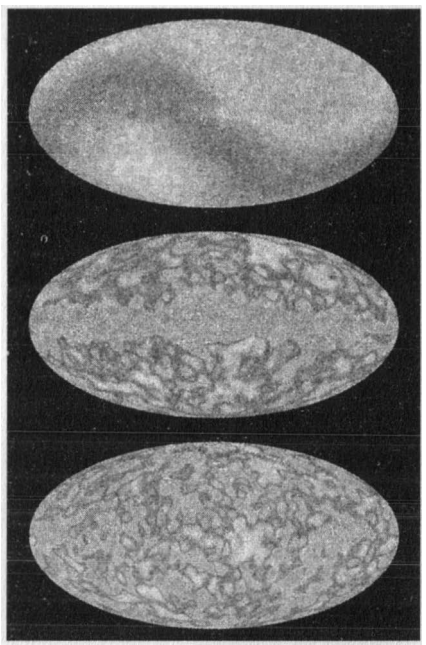
COBE tasarım amaçlarının hepsini aşan müthiş bir başarıya imza attı. Üç cihazından biri ilk kez ışımanın spektrumunu ölçtü ve onun tamamen termal olduğunu ve tüm evren için tek bir sıcaklıkla uyuştuğunu gösterdi.[16] Bu durum yıldızlar gibi pek çok ayrı cisimden gelen spektrumların toplamı olarak ışıma ihtimalini geçersiz kıldı, çünkü yıldızlar tamamen termal spektruma sahip değildir ve hepsi farklı sıcaklıklara sahiptir. COBE sadece bir derecenin 1/1000'i yanılma payıyla sıcaklığı 2,725 olarak ölçtü (Şekil 11.4). Evrendeki en soğuk şey evrenin kendisiydi.

Çok daha büyük hassaslığa sahip başka bir COBE cihazı farklı yönlerdeki mikrodalgaların gücündeki değişimlere baktı. Çıkarılan harita, Aslan burcu yönünde 0,0034 Kelvin daha sıcak, Kova burcu yönünde 0,0034 Kelvin daha soğuk bir sıcaklıkla gökyüzünde düz bir eğim sergiliyordu.[17]



Şekil 11.4. NASA'nın COME uydusu büyük patlamadan kalan ışımanın spektrumunu ölçtü ve onun tek bir düşük sıcaklıkla uyuştuğunu gösterdi. Işımanın maddeyle etkileşimini durdurmasından bu yana evren 1000 kat genişleyip soğudu. Termal ışımanın zirve noktasında dalga boyu 2 milimetredir ve bu da elektromanyetik spektrumun mikrodalga alanı içindedir. COBE dört yıl boyunca ölçüm yaptı.

Durun bir saniye. Evren bir yönde diğer yönde olduğundan nasıl daha sıcak olabilir? Yapılan yorum şu ki Dünya bir bütün olarak evrene göre durağan değil. Güneş Samanyolu içinde dolanıyor. Samanyolu, Başak Kümesi içinde yer alan Lokal Grup içinde hareket ediyor, ve Samanyolu ve Başak Kümesi içindeki bütün galaksiler yüz milyon ışık yılı uzaklıktaki daha masif bir kütle yığınına doğru sürükleniyor. Bu iç içe geçmiş "matruşka" hareketlerin toplamı saniyede 370 kilometredir. Doppler kayması mikrodalgaların boyunu hareket yönünde kısaltır (ve ısılarını biraz artırır), ters yönde ise uzatır (ve ısılarını biraz düşürür). Bu savdan yola çıkarak evrenin hareket etmediğini söyleyebiliriz. (Zaten nereye gidecek ki?)



Şekil 11.5. Bu çepeçevre gökyüzü haritaları 1980'lerin sonunda mikrodalga arkaplan ışımasının ilk doğru ölçümünü yapmış olan NASA uydusu Kozmik Arkaplan Kaşifi'nin bulguladığı ana sonuçları göstermektedir. Üstteki resim gökyüzünün bir yanından diğerine ısıdaki düşük düzeyli değişimi gösteriyor ve bizim galaksimizle birlikte başka galaksilerin bir bütün olarak evrene göre hareketini gözler önüne seriyor. Ortadaki resim Samanyolu'nun ortasından geçen gaz emisyonunu göstermekte ve bu resimden çıkarılan alttaki resim çok düşük ölçekli ısı değişimlerini göstermektedir ki bu da geç galaksi oluşumunun tohumlarıdır.

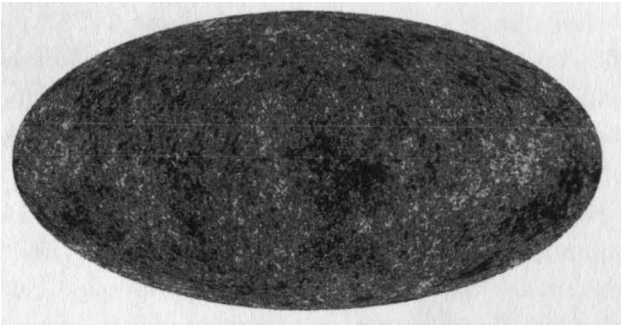
COBE için çalışan bilimadamları uydunun sıvı helyum soğutucusunu tüketmesine kadar dört yıl boyunca veri topladılar. Az önce bahsettiğimiz sistematik hareketten kaynaklanan değişimleri modellendirip çıkardıktan ve Samanyolu düzlemindeki soğuk tozdan bir emisyon bandını çıkardıktan sonra geriye düşük düzeyli "benekler" kaldı. Bu ince ısı değişimleri

açık bir örüntüye sahip değildi ve ortalama 2,725 Kelvin'in 0,00003 derece altı ila üstü arasında salınıyordu. Mikrodalga gökyüzünü 100 metre genişliğinde bir havuzun yüzeyi olarak hayal ederseniz, en yüksek dalgacıklar 1 santimetre yüksekliğindedir (Şekil 11.5).

Bebek evrenin resmi artık kimi hatlara sahipti. Çok ayrıntılı değildi ama baş, eller, ayaklar ve derideki geniş benekleri gösterecek kadar netti. Astronomlar heyecana kapılmıştı, çünkü bu beneklerin galaksi oluşumunun tohumları olduğunu biliyorlardı. Supabı örtülmüş bisiklet pompasının pistonu aşağı indirildiğinde hava silindiri dokunulamayacak kadar ısınır. Bir gazın yoğunluğu artınca ısısı da yükselir. Evrendeki gaz da aynı şekilde hareket eder; daha yoğun olduğu eski zamanlarda daha sıcaktı. Uzaydaki değişimler için de aynı şey geçerlidir; hafif daha sıcak bölgeler hafif daha yoğundur. Küçük palamutlardan büyük meşe ağaçları büyür. Yoğun bir bölge ile biraz daha az yoğun bir bölge arasında oluşan kütleçekimi farkı büyük patlamadan 380.000 yıl sonra çok düşük bir orandadır, ama on milyonlarca yıl zarfında yoğunluktaki değişim düzenli olarak artar. Yaklaşık 100 milyon yıl önce kütleçekimsel çöküş süreci ilk yıldızların ve galaksilerin oluşmasıyla birlikte hızlandı.[18]

Ana akım medya hikâyeyi şevkle işledi ve "Tanrı'nın parmak izlerini" bulmaya dair alıntıların ardı arkası kesilmedi. Peşinden mesleki övgüler geldi ve 1996'da haritalandırma ve spektroskopi deneylerinin öncü araştırmacıları George Smoot ve John Mather çalışmalarından dolayı fizik alanında Nobel Ödülü kazandılar. (Smoot ayrıca Fox kanalında yayınlanan "5. Sınıf Öğrencisinden Daha Zeki misiniz?" adlı televizyon şovunda bir milyon dolarlık ödülü kazanarak da ün yaptı. Sahiden de zeki olduğunu gösterdi.) Nobel Ödülü komitesi iki bilimadamının "kesin bir bilim olarak" kozmoloji çağını açtıklarını söyledi.[19]

COBE müthiş bir başarıydı ve sadece 100 milyon dolar gibi uygun bir fiyata mal oldu. Öte yandan benekler hassaslık sı-



Şekil 11.6. WMAP mikrodalga uzayın COBE'nin gönderdiğinden 50 kat daha iyi açısal çözünürlüğe sahip görüntülerini gönderdi. Yedi yıllık verilerin sonucu olan bu çepeçevre uzay görüntüsü uzay genelinde sıcaklıkta 100.0000'de birkaç puan oranında minik değişimleri gösteriyor ki bu da galaksi oluşumunun tohumlarını işaret etmektedir. Bu hafif yoğunluk artışlarının galaksilere dönüşmesi 100 milyon yıldan fazla sürecektir.

rırındaydı ve haritaların açısal çözünürlüğü 10 derece, yani ayın çapının 20 katı büyüklüğündeydi. Bu da erken yapının çok kaba bir görüntüsünü veriyordu. 1990'larda mikrodalga arkaplan ışımasını saptamak için Antarktika'dan birkaç kere başarılı balon fırlatışı yapıldı ama astronomlar gözlerini COBE'nin halefine dikmişlerdi. 1995'te Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) sondası üzerinde çalışmalar başladı ve bu sonda Dünya'dan 1,5 milyon kilometre uzağa gitmek üzere 2001'de NASA tarafından fırlatıldı. İki yıl görev yapması planlanmıştı ama gönderdiği veriler harikulade olduğu ve hatasız çalıştığı için NASA görev süresini birkaç kez uzattı ve 2010 yılının ağustos ayında son bilimsel verilerini gönderdi. Nasıl ki COBE kendinden önceki deneyleri ileri noktalara taşıdıysa WMAP da COBE'yi geliştirdi.

WMAP mikrodalga uzayın COBE'nin gönderdiğinden 50 kat daha iyi açısal çözünürlüğe sahip haritalarını gönderdi. Yeni doğmuş evrenin resimlerinden el ve ayak parmaklarını sayarak ağzın ve kulakların şeklini görmeye başlayabiliriz (Şekil 11.6). WMAP evrenin şeklinin adamakıllı ölçümünü bize sundu.

Büyük patlamadan kalan ışıma evrenin şeklini nasıl ortaya çıkarabilir? Şöyle: Benekler veya mikrodalgalardaki dalgacıklar yaklaşık 1 derecelik karakteristik bir açısal ölçüye sahiptir; bu özellik nispeten daha yakın evrende gözlemlediğimiz karanlık madde ve karanlık enerji miktarıyla uyuşuyor. 1 dereceyle ilişkili özellikler, fotonların bize ulaşması 13,7 milyar yıl aldığından, evrenin milyarlarca yıl süren genişlemesi sayesinde ortaya çıkmaktadır. Evren devasa bir optik deneye benziyor. Genel görelilikte uzayın şekli kütle ve enerji yoğunluğuyla bağlantılıdır. Şayet evren kapalıysa bir balonun yüzeyi gibi pozitif bir eğriliğe sahip olur (ama iki boyutlu değil de üç boyutlu olarak). Bu durumda evren büyüteç gibi hareket ederken paralel ışık yolları birbirine yaklaşır ve mikrodalga uzaydaki özellikler 1 dereceden daha büyük olur. Öte yandan eğer evren açıksa bir eyerin yüzeyi gibi negatif bir eğriliğe sahip olur. Bu durumda evren küçültme işlevini yerine getirir ve paralel ışık yolları birbirinden uzaklaşırken, mikrodalga gökyüzündeki özellikler 1 dereceden daha küçük olur.

WMAP uzayın düz ve yüzde 1'lik oran içinde Öklitçi yapıda olduğunu gösterdi. Bu bir bakıma biraz şaşırtıcıdır. Genel görelilik istediğinde dalgalanan, eğilip bükülen ve içini dışına çıkaran bir uzay yapısını öngörür. Bunun yerine bizler bilindik "düz" bir evrende yaşıyoruz. Evrenimiz ayartıcı bir dizi tadı seçme şansına sahip olsaydı vanilyayı seçerdi. Dışarıda bizim gözleyebildiğimizden daha fazla uzay-zaman olduğundan daha egzotik ihtimaller her zaman imkân dâhilindedir, o zaman evrenin topolojisi bizim ufkumuzu aşıp daha karmaşık ve ilginç bir hal alacaktır.

Eski evrenin son derece net görüntüsü büyük patlamanın parametrelerinin çoğunu eşi görülmemiş bir kesinlikle ortaya koymaktadır. Evrenin yaşı yüzde 1'lik yanılma payıyla 13,73 milyar yıldır ve bu hesap Guinness Rekorlar Kitabı'na geçmiştir. WMAP aynı zamanda yine yüzde 1'lik yanılma payıyla normal madde, karanlık madde ve karanlık enerji oran-

larını ölçmüştür. Bundan daha iyi ölçüm yapmaya çalışmak işgüzarlık olabilir. Karanlık enerji ve karanlık madde gibi pek anlaşılmayan şeylerin oranlarını çok kesin ölçmeye çalışmanın pek bir faydası yok gibi görünmektedir.

Mikrodalga gözlerle büyük patlamayı görebilirdik. Gelecek bölümde göreceğimiz gibi, çok büyük kulaklarımız olsaydı büyük patlamayı duyabilirdik de. Evren hiper-duyular için bir bayram yerinden farksızdır. Bütün bu enformasyonlar evrenin tarihinin minik bir erken evresinden geliyor. Nuh nebi gibi uzun yaşayabilseydim doğduğum günün hikâyesini anlatan bir resme benzerdi bu.

Evrenin iyi ya da kötü günü olmaz. Soğukkanlı ve devingendir. Duyarlı yaratıkların başına gelen talih onun için söz konusu değildir. Biz ve bizim gibi diğer varlıklar fani ömrümüzde duygusal dalgalanmalar yaşarız. Benim gündelik işim evrenin nasıl devindiğini ortaya çıkarmaktır.

Çok uzun olmayan bir geçmişte "kötü bir kozmoloji" günü yaşadım. Üniversitedeki işime gittim ve e-posta kutumda Ulusal Bilim Vakfı'ndan gelen ve burs talebimin reddedildiğini haber veren sıkıcı mesajı gördüm. Bire karşı altı başvuruyla aşırı talebin olduğu hesaba katılırsa benimkisi hezimet sayılmazdı, ama haftalarca sürmüş çalışmamın heba olduğu anlamına geliyordu. Aynı sabahın sonraki bir vaktinde yazdığım makaleyle ilgili olumsuz bir bilirkişi raporu aldım. Bilirkişiler rahatsız edici bir şekilde isimlerini gizlemişlerdi. Ama gelecek sefer onlarla bir toplantıda karşılaştığımda, yüzüme masumca güleceklerinden emindim. Biraz soğumuş kahvemi yudumlayarak o günkü işlerimi yapmaya koyuldum.

Öğleden sonra, yüksek lisans öğrencilerimden biri haftalık buluşmamız için yanıma uğrayıp Şili'de yaptığımız son gözlemin veri kayıtlarından birinin bozulduğunu süklüm püklüm haber verdi. Üç gece süren o gözlem için hayati önem taşıyan ayarlama verileri artık elimizde yoktu. Yüksek kızıla kayma değerlerine sahip düzinelerce kuasar spektrumu artık

deşifre edilemezdi. 10 milyon yıldır yol alan ışıkları teleskopla yakalanmış ama sonra çuvallamıştık. Bir ah çekip öğrencimi teskin ettim. Hata yaparak öğreniyoruz ve ben de kendi payıma epey hata yapmıştım.

Akşam saatlerine doğru astronomiye giriş sınıfımın sınav kâğıtlarını okudum. Birinci sınıf öğrencileriydi ve çoğu dersi zorunlu genel eğitim dersi olarak alıyordu. Ülke gençliğinin tipik birer örneğiydiler; açıkgöz ve internet uzmanı ama bilime kayıtsız. Benim hatam sorulara kısa cevaplar isteyen bir sınav yapmam oldu. Çoktan seçmeli sınavlar kaba hatlarıyla konuları test eder ve istatikseldir. Ama cevapların kısaca yazılmasını şart koşan bir sınavda hatalar ve cehalet olduğu gibi açığa çıkar. Derste anlattıklarımı zerrece anlamayıp galaksinin yıldızdan daha küçük olduğunu veya evrenin birkaç milyon yaşında olduğunu sanan öğrenci sayısından ürktüm. O gün evren sırlarını saklamak için çok uğraşmayacaktı.

Neyse...

O gün kendimi her zamanki kilom olan 70 kilogramdan daha ağır hissederek binadan ayrıldım. Sabahleyin otoparkta arabamı park edecek bir ağaç gölgesi bulabildiğim için sevinmiştim, ama daha sonra bu ağacı sığırcık kuşları işgal etmiş ve arabamın camına da kartvizitlerini bırakmışlardı. Ön camda beyaz pislikler ve gözlerimde şaşkın bakışlarla evin yolunu tuttum. Mutfak masasında duran ödenmemiş bir deste fatura efkârlı bir halde yüzüme bakıyordu ama onları görmezden geldim. Güzel bir yemek hazırlayıp televizyonun karşısına oturdum. Ne talihsizlik! Televizyonun ayarı bozulmuştu ve ekranda karıncalar cirit atıyordu.

Hayatta bazen ağlarsınız bazen de gülersiniz. Çevremizdeki her şeyin, değer verdiğimiz her şeyin bir zamanlar yaratılışın kaynayan kazanının bir parçası olduğunu öğrendiğimiz o güzel anı anımsadım. Telefon şirketi için çalışan iki mühendisin o fantastik hadiseden zayıf bir sinyal alıp bunun üzerine düşündükleri zamana döndüm. Arabamdaki kuş pis-

liği o keşfi ironik bir şekilde bana hatırlattı. Önümdeki lekelerin küçük bir miktarı kozmik arkaplan ışımasının fotonlarıyla dolu ekranın üzerindeki fosfor etkileşimleriydi. Böylece soğuk bir bira açtım ve o akşam büyük patlamayı seyrettim. Bunun normalde her akşam seyrettiğim televizyon programlarından daha eğlenceli olacağından emindim.

* * *

Gösteri bitmişti. Havai fişekleri özledim ve her yanımdan gaz bulutları uçup giderken ve kırmızı ışıklar sönerken hüzünle doldu içim. Dışarıdaki şenliğe geç kalmıştım ve herkes dağılıp gitmiş ve karanlık çökmüştü. Tamamen yabancı olduğum bir yer. Nerede olduğuma dair hiçbir fikrim yok.

Sabır. Bu yabani yerde gezinen bir hayalete benziyordum; aşina olduğum nefesimin, bedenimin, evimin, Dünya'mın hasretini çekiyordum. Beklemekten başka çare yoktu. Böylece zamanı umursamaz görünen evrenin verdiği ipucunu aldım. Belki de atomlar bir modele göre birbirlerine katışıyor, ama benim bunu ayırt etmem mümkün değil. Plazmanın taşıp gitmesinin belki de bir amacı vardı, ama bunun ne olduğu belli değildi. Bu çetin ortamda denklemlere göre yaratıldığımı umabilirdim ancak.

Durup olayların gelişmesini bekledim. Hafif sola veya sağa, öne veya arkaya, yukarıya veya aşağıya kaysaydım maddenin yoğunluğu son derece küçük olurdu ve kütleçekiminin toplayıp şekillendirici gücü riske girerdi. Yana atacağım tek bir adım beni çoraklığa yuvarlayıp sonsuz karanlığa mahkûm ederdi.

İyi bir tercihte bulundum.

Ortam giderek soğuyor. Fotonlar lastik bantlar gibi genleşiyor ve yerinden ayrılıp kızılötesi ışımaya karışıyor. Atomlar seyrelerek daha düzgün bir vakuma karışıyor. Fakat başlangıç konumumun azıcık yoğunlaşması farklı bir yöne kayıyor. Fazladan kütleçekimi az bir faiz oranına karşılık geliyor, ama çevremdeki gaz zamanla beslenip büyüdükten sonra incelmeye başlıyor, sanki zaman geriye doğru akıyor.

Birden yakında bir ışık yanıyor, sonra bir diğeri ve nihayet bir üçüncüsü; ta ki ben bir ışık ağının parçası olana değin yanmaya devam ediyorlar. Bu ilk yıldızların ömrü uzun sürmüyor ama onlar şimdi gazın, içine çöktüğü karanlık maddenin kara bulutlarının işaretleri. Milyonlarca yıllık ışıltıyı seyrediyorum. Yıldız alayları çevremi saran küçük pürüzlü galaksilerin içinde tutuşuyor. Baygın baygın kucaklaşıp birleşen iki galaksinin kenarına doğru çekiliyorum. Spiral bir yapının oluştuğunu görüyorum ve hafifçe diskin üzerine düşüp uzayın derinliklerinden içeriye yağan ince bir gaz sağanağının parçası oluyorum. Genişlemenin ve kütleçekiminin buyruklarına uymaktan başka bir şey yapmıyorum. Spiral bir galaksinin yavaşça dönen atlıkarıncasına binmiş buluyorum kendimi. 8 milyar yıllık 30 yörüngeyi mutedil bir ilgiyle seyrettim, ta ki yakınımda bulunan orta büyüklükte bir yıldız ve nemli bir kaya közü gözüme ilişene değin.

Dünya.

12

BEYAZ ISI

Köredici ışık. Kavurucu sıcaklık. Şiddetli genişleme. Çevremde olup biteni anlamlandırma konusunda bana yardımcı olacak ne bir referansım ne de bir deneyimim var. Neyse ki ruhum bedenimden ayrıldı, yoksa ışıma beni haşlar, ısı buharlaştırır ve fışkıran gaz bir anda paramparça ederdi.

Burada ne işim var, hatta "buranın" anlamı nedir diye düşünmeye koyuldum. Ne de olsa evren parçacıkların kaynayan homojen kazanıdır ve görüntüsü her yönde aynıdır. Kurşundan çok daha yoğundur ve yumuşak ve esnek bir gaz olarak her yönde yayılır; genişlemesinin ne merkezi ne de ucu vardır. Işıma ve parçacıklar ışık hızında hareket ediyorlar, ama uzay daha da hızlı genişliyor. Yakınımdaki bölgeler muazzam bir hızla gözden kayboluyor, ve onların ne benim ne de bir başkası tarafından bir daha asla görülmeyeceğini anlıyorum. Benim payıma düşen uzay-zaman bir katrilyon genişliğinde bir örtü. Sonunda onun açılıp serpilerek yıldızlar ve galaksilerle dolu bir milyar ışık yılı genişliğinde bir uzaya dönüşeceğini düşünmek insanı hayrete düşürüyor.

İlginç olan şu ki, parçacıklar ve fotonların fırtınasında bu cisimler lastik toplar gibi birbirlerine çarpıp sekiyormuş gibi görünüyorlardı. Ama şimdi bunun doğru olmadığını fark ettim. Büyük parçacıkların bir kısmı birbirlerine yapışıp plazma içinde oraya buraya zıplamaya devam ediyor. Küçük bir kısmı da baştaki kütlesinin dört katı büyümüş durumda. Nötron ve protonlardan oluşan bu küçük kümeler dev inşa projesinin ilk işaretleri.

Az evvel akıl sır ermez bir şey gerçekleşti. Böylesine muazzam bir kuvveti sergileyen şeyi veya eğer her yere ve hiçbir yere yer denilebilecekse, bu yerin şimdikinden daha sıcak veya yoğun olmasını havsalam almıyor.

ŞAFAĞIN EŞİĞİNDEKİ KAVALCI

Kozmoloji eski Yunancada düzenli ve uyumlu bir sistem anlamına gelen "kozmos" kelimesinden türemiştir. Yunan düşüncesine göre evrenin ilk hali olan zifiri karanlık veya boşluğa karşılık gelen "kaos"un zıddıdır kozmos. Evren doğduğunda düzensizlikten düzenin çıktığı varsayılmaktadır.

Kozmos terimini ilk kullanan kişi, MÖ altıncı yüzyılda Ege Denizi'ndeki engebeli Samos Adası'nda dünyaya gelmiş filozof ve matematikçi Pisagor'dur. Pisagor'un aynı zamanda matematiğe ve sayılara dayalı bir evren fikrini ortaya attığı düşünülmektedir; gerçi Pisagor ve takipçileri hakkındaki bilgilerimiz bu fikirlerin neye istinaden söylendiğini bilemeyecek kadar azdır.[1] İnsanlar binlerce yıldır sayısız sistem kullanmıştı, ama Pisagor sayıların fiziksel nesnelerin temelinde yattığını ve onları açıklayabilecek bir soyutlama biçimini bulmuş ilk kişidir. Göksel cisimlerin sergilediği basit sayısal ilişkiler veya ahengin sonuçta müzikal armoniye benzediği yönünde mistik ve matematiksel bir fikir öne sürmüştür: "kürelerin ahengi". Pisagor telli bir çalgıyı kademeli olarak parçalara bölmek için tam sayıları kullanarak müzikal armoninin kurallarını ortaya koymuştur. Pisagor ve öğrencileri aslında kürelerin müziğinin duyulabileceğini düşünmüyorlar, matematik yoluyla birliğin sağlandığına inanıyorlardı.

İki bin yıl sonra,[2] Kepler, Pisagor'un fikirlerini Güneş Sistemi'ndeki yörüngelere uyguladı. Kepler'in hayatı öylesine zor ve keşmekeş içindeydi ki göksel âlemde neden ahenk peşinde olduğunu anlayabiliyoruz. Hastalıklı bir bünyesi, çıbanlarla dolu bir bedeni vardı ve üstelik miyoptu. Kepler daha on ya-

şındayken babası aileyi terk etmişti, annesi ise gizli ilimlerle uğraştığı için daha sonra cadı diye mahkemeye çıkarıldı. Yunan geometriciler düzgün geometrik şekillerden sadece beş tane üç boyutlu cisim yapılabileceğini keşfettiler; bu kusursuz Platonik cisimlerin 4, 6, 8, 12 ya da 20 kenarı vardır. Kepler iç içe geçmiş bu cisimlerin o zamanlar bilinen altı gezegenin nispi mesafelerini vereceğini fark etti.[3] Gezegenlerin maksimum ve minimum açısal hızlarının oranlarının müziksel aralıklara karşılık geldiğini bulunca daha da heyecanlandı. Gezegen çiftlerini birleştirerek aralıkların tam ölçücünü elde edebildi. Kepler göksel âlemin müziğinin insanlara ilham veren ruhsal mükemmelliği yansıttığını düşünüyordu.

Matematik ile müzik arasındaki ilinti daha yakın zamanda Einstein tarafından ortaya koyulmuştur. Nitekim kendisi şöyle diyor: "Mozart'ın müziği öylesine duru ve güzel ki onda evrenin içsel güzelliğinin bir yansımasını görüyorum."[4] Yetenekli ve tutkulu bir kemancı olan Einstein gece geç vakitlerde fizik problemleriyle meşgulken doğaçlama keman çalmaktan hoşlanırdı. Uzay-zamanda Pisagor ve onun telli çalgısından, Platon ve Ptolemy aracılığıyla Kepler'e, ondan da Einstein'ın kemanına uzanan kesintisiz bir bağlantıyı hayal edebiliyoruz.

Aynı zamanda Düşzamanı öğretisinin, Avustralya yerlilerinin evrenin şarkı söylenerek varlığa getirildiğini anlatan yaratılış hikâyesinin yankılarını da duyuyoruz. Ayrıca modern kozmoloji geleneğinde bir dizi harmoni yıldızların ve galaksilerin oluşumunun tohumlarını ekip maddi dünyayı meydana getirmiştir.

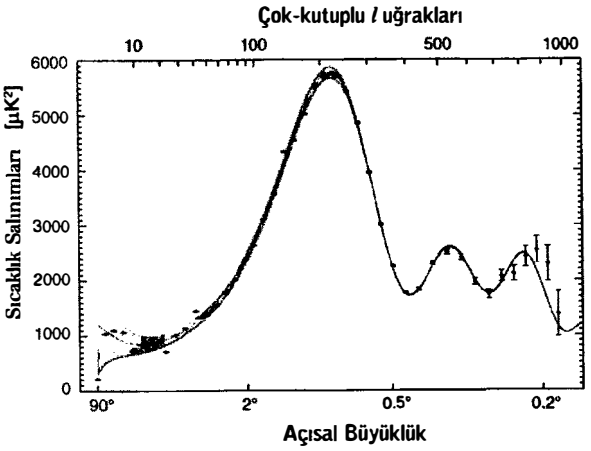
Şafağın eşiğinde bir kavalcı vardı.

Kozmik mikrodalga arkaplan ışıması büyük patlamanın vuku bulduğunun kesin kanıtıdır, ama son zamanlardaki haritalar öylesine ayrıntılı ki, onlara bakarak erken evren hakkında çok şey öğrenebiliriz. Bazı ihtimalleri kolayca devre dışı bırakabiliriz. Sözgelimi, eğer galaksileri oluşturan bütün tohumlar aynı fiziksel ölçeğe sahip idiyse, ışıma haritasındaki

beneklerin hepsinin aynı büyüklükte olması gerekir ve ortaya çıkan şekil, bir basma kumaş veya duvar kâğıdı deseni gibi kendini tekrar ederdi. Veya evren eşit sayıda küçük, orta ve büyük benekleriyle bir fraktal gibi davranmış olabilir. Heyecan verici bir diğer ihtimal de evrenin bir "aynalar salonu" olması ve bu salonda yer yer düz olan uzay-zamanın genel planda eğri bir uzay-zamanın içine gömülmüş olması, böylece ışığın görünür evreni defalarca turlayarak sarmasıdır. Bunun belirtisi ise gökyüzünde iki kez ya da daha fazla yansıyan beneklerin örüntüleri olurdu.

Öte yandan WMAP'ın verileri böyle belirtiler ortaya koymadı. Yine de çıplak gözle bile bakıldığında, beneklerin tipik bir büyüklükte görünmesi, durumun düzenli bir şekil ile düzensizlik arasında bir yerde olduğunu gösteriyor. Astronomlar, WMAP verilerini güç spektrumu analizi dedikleri bir şeye tabi tutarak farklı açısal ölçeklerdeki değişimlerin oranlarını ölçtüler. Basitçe dile getirecek olursak *l* değişimlerin açısal frekansıdır. Örneğin 2 değerinde *l* uzayda iki çevrim veya 100 derecenin üzerinde değişime karşılık gelir ki bu da Samanyolu'nun daha uzak galaksilere göre hareketini gösterir. COBE'nin 7 derecelik açısal çözünürlüğü 30 *l* değerine karşılık gelir ve WMAP'ın çok daha iyi çözünürlük değeri, 0,3 derece 1000 *l*'ye kadar ulaşır. Açısal güç spektrumunun şekli büyük patlama modellerinin öngördüğü tahminlerle kıyaslanabilir. Müzikal bir benzetme yapacak olursak, her *l* değeri ışımanın "armonik" değişimidir.[5]

Erken evrenin fiziği elbette esrarengizdir ama sesle yaptığımız benzetme abartıya kaçmadığımız sürece bize yardımcı olur. Büyük patlamanın üzerinden 380.000 yıl geçmeden önce ışıma maddeye eşlik etti ve elektronlar ve fotonlar, elektronları mermi gibi sektiren fotonlarla bir gazın içindeki parçacıklar gibi davrandılar. Herhangi bir gazda olduğu gibi yoğunluk değişimleri dalgalar veya bir dizi basınç ve seyreltme olarak ses hızında cereyan etti. Basınç gazı ısıttı, seyreltme ise



Şekil 12.1 Mikrodalga arkaplanda dalgalanmaların açısal spektrumu, büyük patlamadan 380.000 yıl sonra parçacıklar ve ışık dalgalarının ilkel plazmada salındığı evrende rezonanslar ve armonilere dair bilgi verir. Bir derecelik açısal ölçekte güçlü zirve temel tondur ve daha küçük açısal ölçeklerde iki armoni daha görülmektedir.

soğuttu, neticede ses dalgaları ısı dalgalanmalarının değişken dizisi olarak tezahür etti. 380.000 yıldan sonra elektronlar protonlarla birleşerek nötr atomları oluşturdu ve nispeten biraz daha sıcak ve biraz daha soğuk bölgelerden gelen ışık 13 milyar yılı aşkın bir süre boyunca serbestçe yol aldı. Bizim şimdi gördüğümüz sıcaklık farklılıkları o zamandan kalan dalgalanmaların "donmuş" kaydıdır.

Şafağın eşiğinde kavalcı hangi şarkıyı çalıyor? Güç spektrumu veya farklı açısal ölçeklerdeki sıcaklık değişimlerinin dağılımı, mikrodalga haritalarına dair görsel izlenimimizin doğru olduğunu göstermektedir. Yaklaşık olarak dolunayın çapının iki katına denk gelen 1 derecelik açısal büyüklükle beneklerin güçlü şekilde pekiştiğini görüyoruz. Bir derecenin üçte biri ölçeğinde daha zayıf ikinci bir zirve ve bir derecenin dörtte biri ölçeğinde üçüncü bir zirve daha var (Şekil 12.1). Ondan sonra WMAP daha ince yapıları göremiyor.[6]

Flüt çaldığınızı hayal edelim. Temel ton ağzınızın olduğu yerde maksimum basınca, açık uçta ise minimum basınca sahip bir dalgadır. Fakat flüt deliklerin uygun şekilde yerleştirilmesi, nefesin gücü ile çıkarılan ve temel tonun tamsayı kesirlerinde dalga boylarına sahip bir dizi üst tona sahiptir. Birinci, ikinci ve üçüncü üst tonun dalga boyları, temel tonun yarısı, üçte biri ve dörtte biri kadardır. Üst tonlar sese zenginlik katar.

Şimdi çalgısı evren olan kozmik kavalcıya dönelim. Erken evrende ses dalgaları birbirine benzer, ama önemli bir farkla: Bu dalgalar sabit uzayda değil de genişleyen uzayda zaman içinde salınır. Ayrıca bu sıradışı koşullarda ses dalgaları inanılmaz hızlı yol alır, Dünya'dakinden bir milyon kat daha hızlı veya ışık hızının yarısını aşkın bir hızda! Dalgaların büyük patlamada ortaya çıkıp, yaklaşık 380.000 yıl sonra gazın şeffaflaşmasıyla sona erdiğini hayal edin. Temel ton büyük patlamada maksimum basınca (veya birlikte değiştikleri için maksimum ısıya) sahipken gazın şeffaflaştığı zamanda minimum basınca düşen bir dalgadır. Üst tonlar iki, üç, dört veya daha fazla kat hızlı salınır ve böylece uzayın giderek küçülen bölgelerinin 380.000 yıldan sonra maksimum yer değişimine uğramasına yol açar.

Şimdi WMAP'in ölçtüğü ısı değişimi gücü karşısındaki açısal frekans grafiğini yorumlamak için ihtiyacımız olan her şeye sahibiz. En güçlü zirve, ilk 380.000 yılda plazmaya maksimum ölçüde basınç uygulayıp incelten temel tondur. 1000 değerinde kızıla kaymadaki 1 dereceye karşılık gelen bölgenin büyüklüğü yaklaşık 1 milyon ışık yılı genişliğindedir. Dolayısıyla galaksi oluşumunun donmuş tohumları o zamanlar galaksi büyüklüğündeydi, ama uzay o zamandan beri 13 milyar yıl zarfında 1000 kat büyüdüğü için bizim şimdi gözlemlediğimiz mikrodalga dalgalanmaları bir milyar ışık yılı genişliğindedir. Tahmin edildiği gibi, birinci ve ikinci üst tonlar temel tonun yarısı ve üçte biri değerinde açısal ölçeklere

sahiptir ve üçüncü üst ton WMAP tarafından ölçülemeyecek kadar küçüktür (Şekil 12.1)

Küçük açısal ölçeklerde nispeten daha zayıf dalgalanmaları açıklayan başka bir nüans daha söz konusudur. Ses parçacıklar arasındaki çarpışmalarla taşınır ve dalga boyu parçacıkların çarpışmalar arasında kat ettikleri tipik mesafeden daha kısa olduğunda dalga yok olur. Havada söz konusu mesafe sadece 10^{-5} santimetredir. Fakat şeffaflaşmadan önce evrenin neredeyse kusursuz vakumunda fotonlar çarpışmadan önce 10.000 ışık yılı yol alabiliyorlardı. Dolayısıyla yüksek armoni ya azalır veya biter. Bin kat genişlemeden sonra o ölçekler artık 10 milyon ışık yılı olmuştur. Bu nedenle bu büyüklükten 10 kattan çok daha fazla ölçeklerde lokal evrende kayda değer bir yapı görmeyi bekleyemezdik. Galaksilerin kümeleşmesi aslında 100 milyon ışık yılından daha büyük ölçeklerde zayıftı, bu da büyük patlama modelinin bir başka başarısıdır.

Öyleyse büyük patlamanın sesi nasıldı? Müzik gibi miydi yoksa ilkel bir çığlık gibi mi? Virginia Üniversitesi'nden Mark Whittle bu meseleyi araştırdı.[7] Onun dediğine göre, şayet o sırada orada biri olsaydı 110 desibel şiddetinde bir ses veya gürültülü bir rock konserinin sesini duyardı. Bebek evren bir flütle veya orgla kıyaslandığında büyük geldiği için ses frekansı son derece düşük ve duyulmaz haldeydi, piyanodaki do notasından 50 oktav daha düşüktü. Bir trilyon kat daha hızlanıp 50 oktav fazla frekansa ulaşsaydı klasik Beatles şarkısı "A Day in the Life"ın sonunda duyduğumuz sese benzerdi.

Zamanın şafağından kalan mikrodalgaları çalan kavalcıyı duyuyoruz,[8] ama müziğin herhangi bir yankısı hâlâ duyulabiliyor mu? Evet, her ne kadar havada yol alan ses dalgalarını duyduğumuz gibi olmasa bile yine de duyuluyor. Mikrodalga arkaplandaki değişimlerin tercih edilen ölçeği 1 derecedir; nispeten biraz daha sıcak ve yoğun benekleri, genç evrenin içine doğru yol alan ses dalgalarının merkezleri olarak dü-

şünebiliriz. Bu beneklerin her biri ileride galaksi oluşturacak tohumlardır. Fakat 13,7 milyar yıl sonra dalgalar 500 milyon ışık yılı yol almışlardı, bu nedenle her galaksi 500 milyon yıllık çok küçük bir yoğunluk artışı yaşamıştı ve biraz daha büyük bir ihtimalle şimdiki evrendeki galaksiler bu ayrılmaya maruz kalacaklardır.

Dalga benzetmesini genişletecek olursak, her bir galaksi dışa doğru yayılan bir dalgacığı taşıyan havuz suyuna atılmış bir çakıl taşıydı. Evren oluşurken çok sayıda çakıl taşı havuza atıldı ve dışa doğru yayılıp üst üste binen karmaşık bir dalgacıklar örüntüsü oluştu. Temel tonunun yankısı galaksi çiftleri sayılarak bulunur; bu galaksilerin arasındaki mesafe 500 milyon ışık yılı civarındadır (bu sayı en fazla birkaç milyon eksik veya fazla olabilir ama 400 milyon ya da 600 milyon olamaz). Bu sinyal çok gizlidir, uzaydaki galaksilerin haritalarına bakarak o sinyali asla fark edemezsiniz, ama 2005'te istatiksel yöntemle bulunmuştur.[9] Bu "akustik zirvenin" fiziksel ölçeğini cetvel olarak kullanan astronomlar onu büyük patlamadan bu yana geçen zaman zarfında saptamaya çalışıyorlar, çünkü onun evrimini karanlık madde ile karanlık enerji arasındaki çekişme belirlemiştir ve bu her ikisiyle de başa çıkmanın birkaç yolundan biridir.

Kavalcı büyük patlamadan hemen sonra çalmaya başladı ama şimdi bile kürelerin müziğinin kadim yankısını duyabiliyoruz.

BÜYÜK PATLAMAYI TEST ETMEK

Astronomlar büyük patlamanın gerçekten meydana geldiğinden ne kadar eminler? 13,7 milyar yıl önce gerçekleşmiş farazi bir olayı anlatmaya benziyor bu. Genişlemeyi zamanın sıfır noktasına geri sarmak sonsuz sıcaklık ve yoğunluk demektir ve bu fiziksel olarak imkânsızdır. Teorinin ne deyip ne demediği konusunda dikkatli olmalıyız ve yaygın yanlış anlama-

lardan uzak durmalıyız. "Büyük patlama" adı verilen olayın bütün maddenin tek bir noktada toplandığı bir an veya bir patlama olarak yorumlanması bir talihsizliktir. İki anlayış da doğru değildir. Teori evrenin kökenini açıklamıyor, daha yoğun ve daha sıcak bir durumdan evrilişini anlatıyor. Büyük patlamayı test etmek kozmik zamanda olabildiğince eski ve olabildiğince fazla miktarda veriyle teoriyi yüzleştirmek demektir.

Büyük patlama teorisi kanıtlanamayacak zekice bir teori midir sadece? Teoriler asla kanıtlanamadığı için bir bakıma evet. Fakat bilimde kimi hipotezler adamakıllı sınanıp doğrulanabildiği için makul bir şüphenin ötesinde doğru kabul edilir. İyi bir teori biricik, spesifik ve test edilebilir tahminler yapar. Kuşların onları yuvalarına bağlayan son derece elastik görünmez iplerle yolculuk ettiğini öne sürebilirsiniz (nitekim on sekizinci yüzyılda bu fikir öne atılmıştı). Bu fikri test etmek çok zordur. Modern görüşe göre kuşlar görsel ipuçları, manyetik alanlar ve Güneş ile yıldızların konumlarının birleşimine bakarak uzun mesafeleri kat etmektedirler. Bu açıklamanın her bir parçası test edilebilen ve edilmiş olan tahminlerde bulunur. Bu demek değil ki bu konuda tartışma yapılmıyor. Kuşların yolculuğuyla ilgili literatür çok zengindir. Ama hipotez test edilebilir olduğu *için* ilerleme kat edilmiştir.

Büyük patlama teorisi veya hipotezi bir veri ağıyla destekleniyor ve rakip kararlı hal teorisi verileri açıklayamadığı için artık güvenilir bulunmuyor. Neden şampiyona karşı yeni bir meydan okumaya rastlamıyoruz? Çünkü –bir spor metaforunu kullanacak olursak– yeni bir teori için çıta çok yüksek. Büyük patlamaya alternatif teori doğal olarak büyük patlamanın açıkladığı verileri açıklamakla yetinmeyip, çuvalladığı yeni alanlarda da daha iyi bir performans göstermeli.[10] Son 35 yılda bu gerçekleşmedi.

Büyük patlamanın doğru olduğuna hayatım üstüne bahse girer miyim? Hayır. Köpeğimin hayatı üstüne bahse girer miyim? Hayır. Ayrıca, köpeğimin –şayet olsaydı– benden

değersiz olduğunu ima etmek çok kötü. Peki ya bir organım üstüne? Organa göre değişir. Muhtemelen büyük bir uzuv olmaz, ama belki sembolik değeri olan küçük bir uzuv olabilir, örneğin serçe parmağımın son eklemi olabilir. Eğer bahsi kaybedersem, gerçekten ciddi bir bilimadamı olduğumu göstermek için kesik parmağımı bir onur nişanı gibi sergilerim.

Büyük patlama dört ayaklı sağlam bir iskemleye oturuyor. Birinci ayak Hubble genişlemesi. Galaksi uzaklığı ile kızıla kayma arasındaki lineer ilişki evrenin genişlemesinin bütün galaksilerin sıfır ayrışmaya sahip olduğu 14 milyar yıl öncesine dayandığını gösteriyor. Eğer biz evrenin merkezinde eğilsek (zaten böyle ayrıcalıklı bir konuma sahip olduğumuza dair herhangi bir gözem yapılmış değil) her yerde homojen bir genişleme olmalı. Ama verilerin bunu işaret etmesi şart değil. Sözgelimi, kızıla kaymalarla maviye kaymaların bir karışımıyla bazı bölgeler genişlerken diğerleri büzüşüyor veya sırayla genişleme ve büzülme evrelerini yaşıyor olabilirler. Genişlemenin her yönde aynı şekilde olması galaksilerin ortak bir kökeni olduğunu gösterir.

İkinci ayak iki bölüm önce ele aldığımız galaksilerin ve kuasarların evrimidir. Kızıla kaymanın mesafeyi ve geçmişe bakış zamanını gösterdiğini kabul edersek, büyük patlama yüksek kızıla kayma değerine sahip galaksilerin düşük değerdekilere göre daha genç olduğunu söylemektedir. Hubble Uzay Teleskopu gözlemleri bunu desteklemektedir, çünkü yüksek kızıla kayma değerine sahip galaksiler, düşük değerdekilere göre daha küçük, daha mavi ve daha toydur. Onlar aynı zamanda yakın evrendeki, masif kırmızı galaksilere kıyasla daha genç yıldızlara sahiptir. Bütün bu bulgular genişleyen evrende birleşerek evrilme olgusuyla uyuşmaktadır. İlk galaksilerin neredeyse pütürsüz gazdan oluştuğu zamanın gözlemlenmesi yakındır. Bu gözlemlerin ille de büyük patlamayı işaret etmesi şart değil ama kararlı hal kuramıyla örtüşmedikleri ortada.

Sonraki ve en önemli ayak kozmik mikrodalga arkaplan ışıması. Bu veri ikna edici, çünkü ne kararlı hal teorisinde ne de büyük patlamaya rakip başka bir teoride homojen bir soğuk ışımaya dair doğal bir açıklama vardır.[11]

Dördüncü ayak ise hafif elementlerin, özellikle helyumun evrende bolca bulunmasıdır. Bir çocuğun doğum günü partisi için balonları şişirmek amacıyla etrafta helyum ararken aklınıza gelmeyebilir ama evren bol miktarda helyuma sahiptir. Genel olarak bütün atomların kabaca yüzde 90'ı hidrojen, yüzde 10'u da helyum atomudur ve helyum atomu hidrojenden daha büyük olduğundan helyum evrenin kütlesinin dörtte birini oluşturur. Sorun değil, diye düşünebilirsiniz, evrende Güneş gibi helyum üreten bir sürü yıldız var. Evet, ama yetersiz. Güneş gibi yıldızlar hidrojenleri birleştirip helyum ürettiğinde onların ışığı $E = mc^2$ formülüne göre uzaya "sızan" enerjidir. Eğer yıldızlar kütlelerinin dörtte birini füzyonla helyuma dönüştürmüş olsaydı geceleyin gökyüzü ışıl ışıl parlardı. Yıldızların çocukların balonlarını şişirdiğimiz helyumu üretmediğinin bir başka kanıtı da en eski galaksilerin en genç galaksilerle neredeyse aynı miktarda helyuma sahip olmasıdır. Eğer galaksilerdeki yıldızlar seri halde helyum üretiyor olsaydı genç galaksilerde bol miktarda helyum üretimi yapıldığını görürdük ama durum böyle değil. Açıkçası helyumun çoğu ilk galaksiler oluştuğunda zaten vardı.

Genişlemeyi büyük patlamadan yaklaşık 100 saniye sonrasına geri saralım. Büyüklük, yoğunluk ve sıcaklık arasındaki basit ilişkiden yola çıkarak sıcaklığın bir milyar derece olduğunu çıkarsayabiliriz. Çok geçmeden evren Güneş'i taklit ederek, eldeki protonlar ve nötronları birleştirerek önce döteryum, sonra trityum ve ardından helyum üretti. Büyük patlamadan beş dakika –bir yumurtayı haşlamak için gerekden daha kısa süre– sonrasına gelindiğinde, hidrojenin çoğu helyuma dönüşmüştü[12] ve sıcaklık artık yeni füzyona imkân

tanımayacak kadar düşmüştü. Yoğunluk ise suyun yoğunluğunun 100 katına düşmüştü.

Bu ateş fırtınası dindi, çünkü berilyum radyoaktiftir ve çekirdeği yeni bir nötron veya protonun eklenmesinden önce parçalanır. Yıldızlarda berilyum bozunmasının yol açtığı "darboğaz" helyum çekirdeğinin üç kez çarpışarak karbonu oluşturmasıyla aşılır, ama bu süreç büyük patlamada gerçekleşemeyecek kadar yavaştır. Ayrıca çok daha ağır elementlerin oluşumu çekirdeklerin elektrik itim kuvvetine karşı koymak için yüksek ısıyı gerekli kılardı ve genişlemeden dolayı sıcaklık düşüyordu. Bu nedenle evrenin kimyasal muhtevası o zamanlar sabitti ve "ilk ışığa", yani yaklaşık 100 milyon yıl öncesine kadar değişmedi.

Evreni bir suçbilimci olarak ele almayı hayal edin. Dedektif vakayı incelerken şunları aklında tutar: Helyum ayak izidir. Döteryum bir saç telidir. Lityum banka hesap bakiyesi. Ayak izini ölçmek kolaydır ve büyün patlamaya tamı tamına uyar. Suç mahallinde saç teli ender bulunur ama kılın içeriği de büyük patlamaya uyar ve bu kanıtı başka türlü elde etmek zordur. Banka hesap bakiyesinin çözülmesi daha zordur. Herkesin banka hesabı dalgalanır, ama kurbanın banka hesabı azalırken zanlının hesabı aynı miktarda artıyorsa, bunun suçlayıcı bir kanıt olduğunu anlamanız için Sherlock Holmes olmanız gerekmez.

Helyumun evrende yıldızlar tarafından üretilemeyecek kadar bol olduğunu görmüştük ve bu bolluk ilk galaksiler oluştuğunda 10 atomdan biri helyum olacak orandaydı. Döteryum bir protonla iki nötron içeren bir hidrojen izotopudur ve hidrojene kıyasla 10.000'de 1 birim bolluktadır. Büyük patlama kuramında döteryum bolluğu fiziksel koşullara karşı helyumdan çok daha duyarlıdır. Bu, vakanın çözümü için bir saç telinin ayak izinden daha çok şey söylemesine benzer. Döteryum yıldızlarda helyuma giden füzyonun sıçrama taşıdır ama döteryumun kozmik ölçümü yıldız süreçlerinin ula-

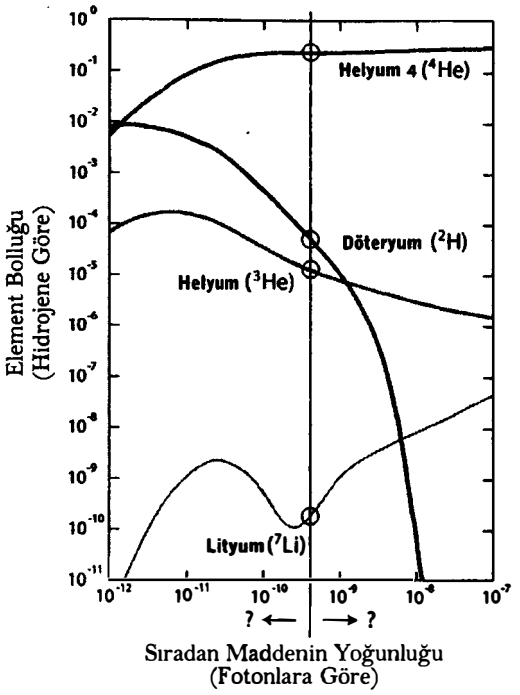
şamadığı galaksiler arasındaki uzayda yapılır. Lityum daha da enderdir, hidrojene kıyasla 10^9'da 1 birim. Lityumu kanıt olarak kullanmak zordur, çünkü yıldızlarda oluşur ve parçalanır. Dolayısıyla astronomlar lityum bolluğunun miktarına bakmışlar (bunlar banka hesabındaki sahte paralar gibidir) ve miktarın yıldız evrimi tahminleriyle değil de büyük patlamayla uyuştuğunu görmüşlerdir.

Bu kozmik suç mahallinde eldeki kanıtlar bütünü ikna edicidir. Helyum, döteryum ve lityum tamamen farklı miktarlardadır ve farklı yöntemlerle ölçülmüşlerdir ve evrende oldukça farklı düzenlerde var olmaktadırlar.[13] Yine de üç ölçüm de tek bir değişkene (fotonların protonlara ve nötronlara oranı) sahip bir büyük patlama modeliyle uyuşmaktadır (Şekil 12.2). Bu müthiş bir başarıdır ve sonuç böyle çıkmak zorunda değildi. Dedektif olarak bir ayak izi, bir saç teli ve banka hesap miktarı, bunların hepsi suçu tek bir zanlıya bağlıyor. Bu durumda bir itirafa ihtiyacınız kalmaz. İşiniz bitmiştir. Arkanıza yaslanıp terfiinizi bekleyebilirsiniz.

Biraz önce bahse girerken belki biraz ürkekçe davrandım. Büyük patlamanın erken evrenin doğru açıklaması olduğuna serçe parmağımın tamamına bahse giriyorum. Ama bahsi kaybedersem kauçuktan derisiyle gerçekçi görünen, uzayabilen güzel bir yapay serçeparmağı isterim; yüksek raflardaki malzemeleri aşağı indirmek ve ulaşılması zor yerlere tırmanmak için gerekiyor.

Böylesine sağlam kanıtlar evrenin ağırlığını taşıyabilir ama dahası var. Diğer savlar bu dört veriyle birleşerek bir kanıt ağını oluşturur ve bu ağın birkaç telinin kaybolması bütüne zarar vermez. Bu anlamda büyük patlama teorisi Darwinci evrim teorisine benzer. Nitekim evrim teorisi de çürütülmesi veya sarsılması çok zor bir dizi gözlemle desteklenmektedir.[14]

Büyük patlama üzerinde yapılacak önemli bir sınama yıldızların yaşını içerir. Eğer evren 13,7 milyar yıl yaşındaysa bundan daha yaşlı bir yıldız olamaz. Bir yıldızın yaşını tah-



Şekil 12.2. Tek bir değişkeni (parçacıkların fotonlara oranı) olan bir büyük patlama modelinin fonksiyonu olarak hidrojene kıyasla hafif elementlerin miktarı. Çok farklı astrofizik durumlarda ölçülmüş hafif elementlerin miktarları, parçacıkların fotonlara oranının değeriyle (dik çizgi) uyuşmaktadır ve bu da büyük patlama modelinin güçlü bir kanıtıdır.

min etmek için yıldız fiziğini kullanmak erken evrenin fiziğinden tamamen bağımsızdır. Astronomlar yıldız modellerini Samanyolu'nun halesindeki eski küresel kümelerle ilgili gözlemlere uygun hale getirdiler ve Samanyolu'nun yaşını tahmin etmek için radyoaktif elementlerin bozulma oranını kullandılar. Ortaya çıkan sonuçlar, 13 milyar yıl ve 14 milyar yıl, veriler ve modellerdeki belirsizliklerle uyuşmaktadır.

Yüksek değerde kızıla kayma geçmişte daha küçük bir evrene karşılık geldiği için büyük patlama teorisini destekleyen

uzay-zaman genişlemesini sınamanın başka zekice yolları da vardır. Galaksi gibi büyük bir ışık kaynağında, belli bir alandaki yüzey aydınlığı veya şiddeti kızıla kaymanın dördüncü kuvveti kadar azalır. Testi yapmak zordur, çünkü galaksiler zaman içinde değişir ve net sınırları yoktur, ama sonuç genişlemenin yol açtığı kızıla kaymayla uyuşurken, kızıla kayma için öne sürülen "yorgun ışık" teorileriyle uyuşmamaktadır. Diğer güzel bir test de kozmik genişlemenin izini sürmek için kullanılan uzak bir süpernovadan gelen ışığın artışına ve azalışına bakmaktır. Şayet kızıla kaymaya yol açan şey genişleyen uzaysa o zaman dalga boyu artarken ışık değişimlerinin frekansı azalır ve uzak süpernova ışık eğrilerinde yavaş iniş-çıkışlara sahip olur. Genişleyen evren bu testi uçucu renklerle geçer.

Diğer testler ise mikrodalga arkaplan ışımasındaki fotonların davranışını içerir. Astronomlar galaksi kümeleri yönünde, kümelerdeki sıcak gazla etkileşime geçen fotonların yol açtığı ışıma spektrumundaki bozulmaları gözlemlemişlerdir (fotonların sadece yüzde 1'i yani boş bir televizyon ekranındakiler kadarı etkileşime geçtiği için fark edilmesi zor bir etkidir bu). Ayrıca Dünya'ya doğru giden fotonların yolda büyük ölçekli yapıların kütleçekimsel kuyularına "düşüp çıkarken" ısılarındaki minik değişimleri de saptamışlardır. Bu veriler mikrodalga ışımanın yakın evrendeki lokal bir ışıma olmadığını kanıtlamaktadır.[15]

Son olarak, farklı kızıla kaymalardaki büyük patlama fotonlarının sıcaklığı galaksiler arası uzaydaki farklı bölgelerde karbon uyarımı gözlemlenerek ölçülmüştür. Aslında ışımanın uzun geriye bakış zamanlarında ve yüksek kızıla kaymalarda daha sıcak olması büyük patlama kuramıyla uyuşmaktadır. Bu sevindiricidir, çünkü uzayda uyarılmış atomların gözlemlenmesi 1940'ta zemin ışımasının keşfedilmesine yol açtı ama o zamanlar teoriyle gözlemi birleştirebilecek kimse yoktu.

Fazlasıyla ikna edici. Serçe parmağım üstüne bahse girmek çok korkakça. Bir uzvum veya ilk doğan çocuğum üzerine bahse girmeye hazırım, ama büyük patlamanın doğru olduğunun kanıtlanması halinde mükâfatımın da etkileyici olmasını bekliyorum.

KOZMOSUN İÇİNDEKİLER

Bir keresinde Carl Sagan, *Kozmos* adlı televizyon programında şöyle demişti: "Ortada hiç malzeme yokken elmalı turta yapmak için önce evreni yaratmalısınız."[16]

Elmalar ve turta hamuru çok sayıda karbon ve oksijen atomu içerir, bu nedenle yıldız kuşaklarının oluşumu ve sönüşü bitmeden ve ağır elementler gezegenlerin onları toplayacağı bölgelere saçılmadan elmalı turta yapamayız. Elmaların ve onlardan turta yapacak insanların oluşumu milyarlarca yıl aldı ve bu bizim şimdi ilgilenemeyeceğimiz karışık bir hikâyedir. Yıldızlar elmalı turtaya sıçrama taşlarıdır.[17]

Öte yandan elmalı turtadaki hidrojen en eski elementlerdendir ve kozmik genişlemenin ilk anından kalmıştır. Büyük patlamadan bir dakika sonra bir bebeğin poposu kadar pürüzsüz ve saf olan evrenin nasıl davranacağını gama ışını fotonlarının azgın enerjisi belirliyordu. Evrende her bir parçacığa karşılık yaklaşık bir milyar foton vardır, dolayısıyla evrenin fotonlardan oluştuğunu söyleyebiliriz. Genişlemenin erken evresinde fotonlar parçacıklardan sayıca fazladır ve onlara insafsızca sataşırlar, bu nedenle evrende "ışıma hâkim"dir. Hiçbir yapı oluşamaz. Uzayın genişlemesi bu durumu değiştirmez, çünkü fotonlar ve parçacıklar aynı oranda seyrelir. Fakat fotonlar fazladan bir etkiye maruz kalır: kızıla kayma. Bu etki her bir fotonun enerjisini düşürür ve büyük patlamadan yaklaşık 10.000 yıl sonra fotonlar yeterince zayıflayacağı için evrende "madde hâkim" olur. O zaman kütleçekimi maddeyi

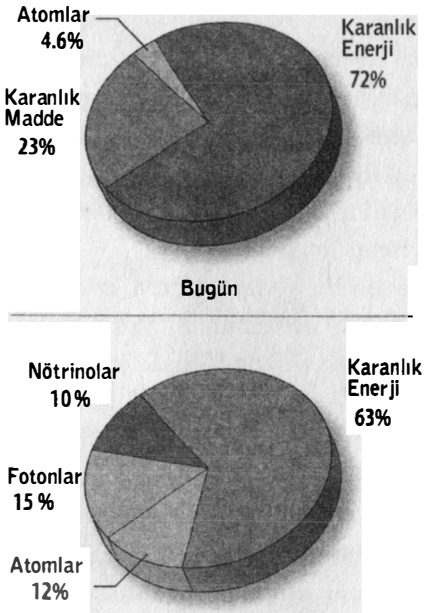
durmadan toplayıp yapılar oluşturarak evreni daha ilginç bir yer haline getirir.

Milyarlarca yıl süren kızıla kaymadan sonra büyük patlamadan yayılan ışıma şimdi zayıf bir mikrodalga sinyalidir. Endişelenebilecek insanlar için hemen belirtelim ki mutfağınızdaki mikrodalga fırından yayılan sızıntı sizi mikrodalga arkaplan ışımasının yaptığından daha fazla kısır yapar. Evren ışıma dışında nelerden oluşur?

Elmalı olmayan bu kozmik "turta grafiğine" baktığımızda ışıma ve maddenin yollarının ayrıldığı, büyük patlamadan 380.000 yıl sonrasında yüzde 12 hidrojen ve helyum, yüzde 10 nötrino, yüzde 15 foton ve yüzde 63 karanlık madde atomu görüyoruz. Şimdi durum çok farklı. Görünür maddenin karanlık maddeye nispi oranı yaklaşık 6'ya 1'dir. Diğer madde formlarıyla etkileşimleri zayıf olduğu için nötrinoların önemi azalmıştır. Genişlese de vakumun değişmez unsuru olduğu için karanlık enerjinin önemi artmıştır. Kozmik elmalı turtanın şimdiki muhtevasında yaklaşık yüzde 5 normal madde, yüzde 23 karanlık madde ve yüzde 72 karanlık enerji vardır. Nötrinoların oranı yüzde 0,3'tür. İnsanları ve elmalı turtaları oluşturan bütün ağır elementlerin oranı da sadece yüzde 0,03'tür (Şekil 12.3).

Varsayalım ki 20 çocuğunuz var. Bugünlerde böyle geniş bir aile pek makbul değil ama yüzlerce yıl önce hayal edilemeyecek bir şey değildi. Çocuklarınızdan sadece birinin nerede olduğunu biliyorsanız kötü bir ebeveynsiniz demektir. İşte astronomlar da benzer bir durum içindeler. Büyük ölçüde karanlık enerji ve karanlık maddeden oluşan bir evrende yaşadığımıza inanıyoruz ama evrenin sadece yirmide birini oluşturan normal maddeyi ayırt edip anlayabiliyoruz. Karanlık enerji ve karanlık maddeden oluşan anlaşılması zor ikiz muamma her yerde var olarak bizimle dalga geçiyor.

Durum kötüleşiyor. Evrenin yüzde 5'ini oluşturan normal madde yıldız ve galaksi oluşumunun kakofonisinden



Şekil 12.3. Evrenin büyük patlamadan 380.000 yıl sonra şeffaf olduğu zamanki içeriği ile şimdiki içeriği. Şimdi evren küçük miktarda normal maddeyle beraber karanlık madde ve karanlık enerji tarafından idare edilmektedir. Büyük patlamaya yaklaştıkça karanlık enerjinin nispi etkisi azalır ve fotonlar kızıla kaymadığından enerjileri ve etkileri daha artar.

büyük ölçüde uzak kaldı. Dolayısıyla onun yüzde 90'ı çok sıcak ve dağınıktır ve galaksilerin arasındaki vakuma yayılmıştır. Bu gazın sadece onda biri yıldız oluşumunu besler. Başka bir deyişle, evrenin sadece yüzde 0,5'i yıldız olarak neticelenir. Yine de bu 10^{23} tane yıldızın oluşmasına yeter; yeryüzünün bütün kumsallarında bu kadar çok kum tanesi yoktur.

Bu durum tarak için kavga eden kel adamın haline mi yoksa kos helva için kavga eden dişleri dökülmüş kadının haline mi benziyor?

Hayır, burası bizim içinde yaşadığımız evren ve her ne kadar astronomlar karanlık madde ve karanlık enerji için kafa patlatsa da kozmik içerik ölçümlerinde yanıldıklarını düşünmüyorlar. Yüzdeler kozmik mikrodalga arkaplan gözlemlerine dayanmaktadır. Beneklerin karakteristik büyüklüğünün uzay-zamanın düz olduğunu gösterdiğini belirtmiştik. Spektrumundaki zirve noktalarının yüksekliği evrenin normal madde içeriğinin bir ölçüdür; daha fazla kütle salınımların gücünü artırır. Spektrumun diğer özellikleri karanlık madde ve karanlık enerjinin nispi miktarlarını tayin eder. Bu niceliklerin her biri düşük kızıla kaymaya veya "yakın" evrene ilişkin gözlemlerle de tespit edilmiştir. Dolayısıyla evrenin özellikleri sadece mikrodalga arkaplan ışıması ölçümlerine bağlı değildir. Farklı yöntemler öylesine iyi uyuşuyor ki gösteriyi yapan karanlık madde ve karanlık enerjiyle dolu evren yaygın şekilde kabul görüyor ve şimdilik bunun geçerli alternatifleri ortada yok.

EVRENİ YENİDEN YARATMAK

Simon White sihirbaz çırağına pek benzemez. Onu herhangi bir işin kontrolünü kaybederken hayal etmek zordur. Gür sesiyle ölçülü, anlayışlı ve empatik konuşur. İnce yapılı, uzun boyludur. Kıvırcık saçları işlek ve büyük bir beyinden fırlamış gibidir.

Ama ona yakından baktığımızda gözlerindeki haylaz parıltıyı görebiliriz. Her an gülmeye veya kahkaha atmaya hazırdır. Miki Maus'a hiç benzemez; zaten, asıl sihirbaz çırağı Disney'e değil Goethe'ye ve onun 1797 yılında yazdığı şiire dayanır. White Münih'e yakın Garching şehrindeki Max Planck Astrofizik Enstitüsü'nün yöneticisidir. Alman bilim camiasında bu mevki neredeyse tanrılığa eştir. Enstitü yöneticileri işlerinde ömür boyu çalışabilirler ve sadece Bilim Bakanı'na hesap verirler. Berlin'in ortasından onun ofisine iki tane kalın pirinç

borunun uzandığını hayal etmek zor değil. Borulardan birisi düzenli euro akışı sağlarken diğeri de 1516 yılında kabul edilen Alman saflık yasasına uygun bira nakli yapar.

1980'lerde White ile birlikte beş yıl çalıştım. "Halk müziği çalan yeni bir arkadaş grubu" diye tanıttığı bir buluşmaya beni davet ettiğini hatırlıyorum. Dizlerine ve bileklerine bağlanmış zillerle renkli pantolonlar giymiş yetişkin insanlarla dolu bir odaya girerken biraz çekingenlik göstermiştim. Halkalar halinde dans edip mendil sallıyorlar ve başlarının üstünde birbirine çarptıkları sopalar taşıyorlardı. Morris dansı denilen bu dans Alman saflık yasasından da eski bir Avrupa halk geleneğiydi.

Simon White bir karanlık madde sihirbazı ve ustası olduğu kara sanat ile karanlıktan ışık ve yapı çıkarıyor. Ama esasında lisansüstü eğitimini yeni bitirdiğinde galaksi oluşumu kuramına çığır açıcı katkı yapan kuramcı olarak tanınıyor. Kuramcılar kendi denklemlerine uydurmak için evreni olabildiğince basitleştirirler ve White çapındaki insanlar büyük ilerleme kaydederken evrenin karmaşıklığı onların temel varsayımlarını zora sokar. Galaksiler ve karanlık maddeden oluşan haleleri küre şeklinde değildir. Onları karanlık madde sosuna bulanmış kütleçekiminin etkisiyle bir araya gelmiş büyük köfteler olarak düşünmek cazip olabilir.

1980'lerde White ile birlikte başkaları evrenin simülasyonunu yapmak için gücü giderek artan bilgisayarı kullanabileceklerini fark ettiler. Fikir basitti: Bilinen evrenin öğelerini bir bilgisayara kaydedip, kütleçekimini işleterek genişlemeye bırakmak. Bakalım nasıl bir yapı ortaya çıkacaktı. Her şey sanaldır, gerçek uzay ve gerçek öğeler yoktur, hiçbir şey gerçekten genişlemez ve bilgisayarı tutan tek şey kütleçekimidir. Burası test tüplerinin, osiloskopların ve beyaz önlüklülerin olmadığı bir laboratuvardır. Her şey müthiş hızlı çalışan birleşik devrelerin ve transistörlerin çok yönlü gücüyle halledilir.

Goethe'nin şiirinde sihirbazın çırağı büyülü bir süpürgeyi kullanamayınca onu bir baltayla ortadan ikiye ayırır ve süpürgenin her bir parçası suyu iki kat hızlı süpürmeye başlar. Evrenin simülasyonunu yapmak isteyen astrofizikçiler için Moore yasasından dolayı bilgisayar hızının iki katına çıkması bir lanet değil nimettir. 1970'ten bu yana simülasyonların hızı ve gücü bir milyar kat artmıştır.

Max Plack Enstitüsü'nün yöneticisi olarak White etkileyici bir hesaplama hızına ulaştı.[18] Garching şehrindeki Leibniz Hesaplama Merkezi'nin bodrumunda 10.000 paralel işlemci evrilen evrende kütleçekiminin izini sürmektedir. Bulundukları odanın çok soğuk tutulması gerektiğinden orada paltosuz duramazsınız. 40.000 gigabaytlık hafızaya ve bir milyon gigabaytlık sabit diske kayıtlı verilerle bilgisayarlar saniyede yaklaşık 100 trilyon kayan-nokta işlemi yapıyor. Bilgisayarların bulunduğu bina Garching şehrinden daha fazla elektrik kullanıyor.

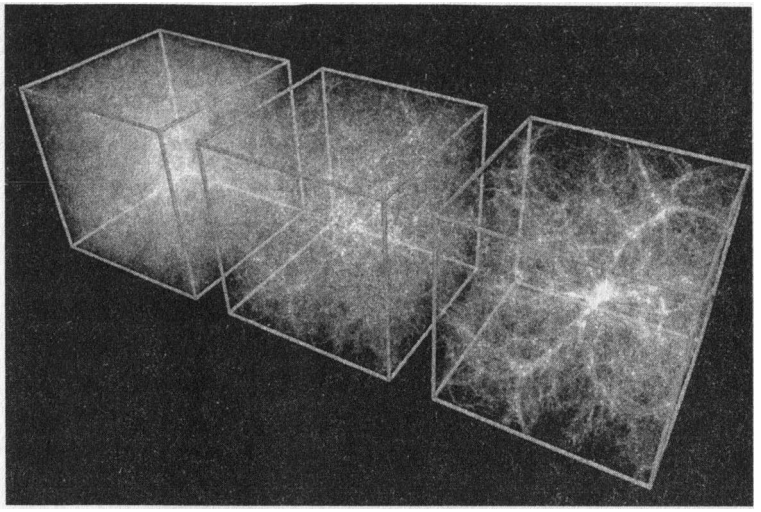
Donanım bu. Peki yazılım? Simülasyon yazılımı, Newtoncu kütleçekimi kuvvetine göre simülasyon "uzayında" hareket eden çok sayıda "parçacığın" arasındaki kütleçekim kuvvetini randımanlı hesaplamak, sonraki adımda hesabı tekrarlamak ve sonsuza dek böyle gitmek üzere tasarlanmıştır.[19] Newton yasası basit ama bir sorun var. Simülasyonun can alıcı noktası içerdiği parçacıkların sayısıdır. Birbirine etkide bulunan her bir parçacığın kütleçekiminin hesaplanması gerektiğinden, her seferinde yapılan hesapların sayısı parçacık adedinin karesi kadar artar. Dolayısıyla 1000 parçacık bir milyon hesabı gerektirir, bir milyon parçacık ise bir trilyon hesabı ve böylece sürüp gider. Bu nahoş hesap miktarını azaltmak için bir dizi algoritmik yenilik yapılmıştır ve geçtiğimiz çeyrek asırda hızlı işlemciler kadar zekice algoritmalar da büyük kazanımlar sağlamıştır.[20]

En gelişmiş simülasyonda ne kadar parçacık vardır? White ve ekibinin yaptığı Milenyum Simülasyonu 10 milyar

parçacık içeriyordu, 2 milyar ışık yılı genişliğinde bir evren küpünün evrimini izliyordu. İşlemciler toplam 350.000 saat çalıştı. Birden fazla işlemci çalıştığı için kimsenin sonuçları almak için yaşlanması gerekmedi; 13,7 milyar yıllık kozmik tarih bir aylık bir gerçek zamana sıkıştırıldı.[21] Simülasyonlarda model alınan evren parçasının büyüklüğü ile her bir parçacığın temsil ettiği kütle arasında temel bir alışveriş vardır. Milenyum Simülasyonu'nda "parçacıklar" Güneş kütlesinin yaklaşık bir milyar katıydı. Her biri cüce bir galaksiye karşılık geliyordu ve Samanyolu büyüklüğündeki bir galaksi bu türden birkaç yüz parçacıktan oluşuyordu. Bir yandan, büyük bir galaksi başına bir parçacık taksim etmek ve böylece evrenin yüzde 10'unu simüle etmek mümkündür. Diğer yandan, kutu sadece Samanyolu'nu içerecek kadar küçük tutulabilir. Bu durumda her bir parçacık yaklaşık 10 yıldıza karşılık gelir. Simülatörler her iki yöntemi de kullanırlar ama aynı anda değil.

Başka sınırlamalar da var. Simülasyonlardaki parçacıkların çoğu, gerçek evrende olduğu gibi, karanlık maddeden oluşmuştur. Karanlık madde kütleçekimine tabidir ve normal maddeyle etkileşime geçmez, bu nedenle davranışı basittir. Normal atomlar oldukça basittir, ama gördüğümüz gibi, bir araya gelip yıldızları ve galaksileri oluşturduklarında fizik karmaşıklaşıp ağırlaşır. Simülatörler hâlâ sorun çıkaran gerçekçi galaksilere sahip. Bu galaksiler, beceriksiz pastacıların kuru, kabarmamış, sert ya da yenilmeyecek kadar tatlı keklerine benzer. Ayrıca kek, içindekilerden daha iyi olmadığı gibi, bir simülasyon da ancak dayandığı fiziksel varsayımlar kadar iyidir. Karanlık madde ve karanlık enerjiye dair kaba anlayışımız, "bilgisayarda bir evren yaratmaya" çalışmanın sonuçları üzerinde süzülen küçük kara bir buluttur (Şekil 12.4).

Bununla beraber simülatörler bazı kayda değer başarılara imza atmışlardır. En iyi simülasyonlar geniş ölçekli yapının



Şekil 12.4. Evrende yapı oluşumunun bu simülasyonu mikrodalga arkaplan ışımasının oluştuğu zamanki neredeyse muntazam koşullarla işe başlıyor. Simülasyon kutusu 320 milyon ışık yılı genişliğinde ve kızıla kaymayla genişliyor; bu, görüntüden kaldırılmış bir etkidir. Soldan sağa: İlk galaksilerin oluştuğu, büyük patlamadan 1 milyar yıl sonraki evren; büyük patlamadan 5 milyar yıl sonra; ve şimdi, büyük patlamadan 13,7 milyar yıl sonra.

ve galaksilerin temel özelliklerinin telkarisini güzelce oluşturur. İlk koşulları değiştirmek suretiyle öğelere dair varsayımların sonucu nasıl değiştirdiğini görmek mümkündür. Simülasyonları "gözlemlemek" için küçük bir sektör oluşmuş durumda. Bu sektörde araştırmacılar bilgisayar çıktılarından galaksileri toplayıp özelliklerini inceliyorlar.

Fakat bu hiç kuşkusuz bir teleskopa tırmanıp bütün gece veri alacağım diye beklemekten daha kolaydır, ama bilgisayar şifrelerinden galaksi çıkarmanın da bir büyüsü yok. Bir keresinde parlak genç bir simülasyoncuyla sohbet ediyordum. Benim pürüzlü galaksi spektrumlarıma üzgün üzgün bakıp şöyle dedi: "Sorun şu ki Chris, senin verilerin bizimkilerden daha berbat." Afallamış bir halde ona dönüp, sanal seks ger-

çek ilişkiye ne kadar yakınsa kendi bilgisayar simülasyonlarının da gerçek verilere o kadar yakın olduğunu söyledim. Aslında bunu söylemeyi içimden geçirip ona fena lanet okudum: "Umarım Epistemoloji Tanrısı senin hakkından gelir!"

Simülasyon kozmolojiye giden gözlem ve kuramla birlikte "üçüncü yol"dur ve geçtiğimiz on yılda giderek önem kazanmıştır. White çok zaman önce çıraklıktan ustalığa terfi etti. Milenyum Simülasyonu'nun en güncel versiyonu parçacık sayısını 300 milyara, kutu büyüklüğünü de görünür bütün evreni kuşatacak bir ölçeğe çıkarmıştır. Şayet "Baş Büyücü" arkasını kollamazsa Garching Büyücüsü onu işinden edebilir.

Evrenin ilk aşamaları hakkında bilgi edinmek için simülasyonu "geriye" sarmak mümkün müdür? Ne yazık ki hayır. Simülasyonlar genellikle evrenin şeffaf olduğu zaman –büyük patlamadan 400.000 yıl sonra– gözlemlenen koşullarla işe başlar. Milyonlarca ve hatta milyarlarca derecelik ısıların zamanına dönmek mümkündür, ama şimdiki engel bilgisayar değil, çok erken evrende işleyen belirsiz fiziktir. Büyük patlamaya yaklaşmaya cesaret etmek bizi maddenin esas doğasını düşünmeye itiyor.

* * *

Atomların birbirinden farkı yok, her biri diğerinin aynısı ve neredeyse ışık hızında dolandıkları için izlerini sürmenin bir yolu yok. Ruhum bedenimden ayrılmış bir halde maddenin izini sürmek için hayal gücümü kullanmalıyım. İki çekirdeğe odaklanıyorum, biri hidrojen, diğeri daha nadir olan helyum; bir an için bana ve birbirlerine yaklaştılar ve sonra genişleyen plazmanın içine dümen kırdılar.

Ormanda ayrılan iki yola dair bir şiiri anımsadım, çocukken ezberlemiştim. Sanırım metaforu seven ünlü bir şair yazmış. Çevremi fiziğin gerçeküstü ve yalın cereyanı sarmışken şiirdeki "çok yalın" kafiyesini anımsamak yerinde oldu. Hatırladığım kadarıyla Robert Frost da ateş ve buz üzerine düşünmüştü. Belki de ismi elini yön-

lendirdi; doğrudan konuya giriyor: Çevremdeki cehennem sonunda donmuş bir kasavete dönüşecek.

Ben ödüllü şairden daha şanslıyım; her iki yolu da takip edebilirim.

Helyum soğuk. Başka bir atoma bağlanmaya yanaşmayıp uzayda yüzüyor ve hiçbir etkileşime girmiyor. Hidrojen çabucak ikiziyle birleşip bir molekül oluşturuyor. Bir molekül bulutunun içinde kimyasal bir çevrime giriyor ve dönen bir girdabın içine çekiliyor. Şans eseri helyum atomu da aynı girdabın içine sürükleniyor ve böylece uzayda aynı kayanın içine hapsoluyorlar. Bir gün benim evim olacak kayanın.

Sonra gerçekleşen şey inanılır gibi değil; olma ihtimali de o kadar düşük ki hesaplamaya değmez. Bir gün olacağım "ben" strese giriyorum, şehirde arabayla dolanıp küçük oğlumun doğum günü partisine hazırlanıyorum. Bir astronom olarak helyum silindiri bulmanın ne kadar zor olduğunu gayet iyi biliyorum; her şeyden önce her on atomdan biri helyum. Ama sonunda başarılı oluyorum ve çok gürültülü bir odanın arkasında oturuyorum. Palyaço gittikten sonra başıma ağrılar giriyor. Oğlum sanki hayatı ona bağlıymış gibi balonun ipini sıkıca tutuyor.

Ama dikkatini birdenbire, üstünde mumlar yanan ve bizim tarafımıza iğrenç bir donma kokusu yayan pasta çekiyor. Parmaklarını gevşetip balonun tavana doğru yükselmesine izin veriyor. Kesinkes bildiğim bir şey varsa o da zamanın şafağından kalan hidrojen atomunun başının pembemsi derisinin yüzeyine yakın büyük bir molekülde tutuklu olduğu. Bir zamanlar onun komşusu olan helyum atomu da, balona derin uzaydaki kökenlerini özleten uçuculuğa minik de olsa bir katkı yapıyor.

13

NEDEN YOKLUK DEĞİL DE VARLIK VAR?

Bölünmez birimler âlemindeyim. Maddenin yapıtaşları her yanımı saran bir devinim fırtınası içinde ışık hızına yakın bir hızda hareket ediyor. Demokritos renk, tat ve kokunun ikincil özellikler olduğunu öne sürüyordu. Temel parçacıkların duyuların şifreleri olan rakamlar olduğunu düşünüyordu. Kütleyi, yükü ve dönüşü duyumsayamıyorum. Normal ölçümün ölçeğinden çok uzaktayım, sıcaklık ve yoğunluğun bilindik ölçümleri burada işlemiyor. Ortam öylesine güçlü bir ışımayla dolu ki akkordan daha sıcak, morötesinin de ötesinde; gama ışınlarının ötesindeki alanı işgal ediyor.

Gözlerimi kırpıyorum ve bebek evrenin donmuş bir anı retinamın içine resmediliyor. Devinimi yatışınca bazı yerlerde parçacıkların saf ışımadan çiftler halinde belirdiğini görüyorum ve başka yerlerde de gözden kaybolup ışımaya dönüşüyorlar. Kaos mutlak değil; bu minyatür yaratılış ve yok oluş eylemleri sahnede dallanıp budaklanan noktaların ince bir örüntüsünü oluşturuyor. Madde bir an için saf enerjiden kabarcıklar halinde belirirken bazı dallar birleşip geçici halkalar oluşturuyor. Gözlerimi tekrar açtığımda gördüğüm örüntü öyle hızlı değişiyor ki algılayamıyorum bile. Madde gelip geçici.

Şayet duyumlarım daha keskin olsaydı parçacıkların vızır vızır gelip gidişlerinde bir düzen olduğunu fark edebilirdim. Hafif ve ağır parçacıklar var; bunların oluşmasının önünde birtakım engeller bulunuyor; bunların bazılarını aşmak kolay, bazılarını aşmak zor. Bazı

parçacıklar onları yoldan sapıp dönmeye iten elektrik yüküne sahip. Diğerleri ise nötr ve dümdüz yol alıyor. Bazıları ise ışımada görünmüyor gibi hareket ediyor.

Bu yapısız, renksiz, kokusuz ve tatsız parçacıklar garip çağrışımlar yapan isimlere sahip: elektron, nötrino, mezon, kuark. Bu anarşinin nasıl olup da galaksiler, yıldızlar, gezegenler ve insanlardan oluşan tatlı bir düzene dönüştüğünü kestirmek zor.

MADDE NEDİR?

Neden yokluk değil de varlık var? Alman filozof Gottfried Leibniz yaklaşık 300 yıl önce bu soruyla boğuşuyordu. Ne düşündüğünüzü biliyorum; içinizden diyorsunuz ki sadece bir filozof varoluşla bu düzeyde ilgilenir.[1] Çoğu kimse şu basit hazırcevabı kabul edecektir: Neden olmasın?

Leibniz yokluğun varlıktan daha doğal olduğunu savunuyordu, çünkü yokluk daha basitti; her şeyden önce bir şeyi yaratmak iş veya çaba gerektirir. Fakat Leibniz bir adım daha atarak, bizler mümkün olan dünyaların en iyisinde yaşadığımız için bu dünyanın bir şeyler içermesi gerektiğini, çünkü varlığın yokluktan daha iyi olduğunu söyler. Sonra da bu noktadan iyiliksever Yaratıcı'ya duyulan ihtiyaca sıçrar. Varlığın yokluktan daha iyi olduğu yönündeki değer yargısını ve bu yargıyı temel alan deist çıkarımı bir kenara koysak bile Leibniz'in meseleye esaslı yaklaştığını görmezden gelemeyiz. İronik bir şekilde, gerek ateistler gerekse deistler yoktan yaratılışı açıklama noktasında birleşmişlerdir.

Gözlemlenebilir evren dediğimiz "şey"e şimdi daha yakından bakalım. Genişleyen uzay yaklaşık 10^{33} ışık yılı küp veya 10^{86} küp şeker hacmindedir. Bu bir kap olarak evrendir; görelilik kuramındaki uzay soyut matematiksel bir yapıdır. Uzay da esnektir, çünkü uzayın görünür bir maliyeti olmadan devasa oranda büyüdüğü bir geçmişten söz ettik. Astronomlar bu uzayın yaklaşık 10^{89} foton ve 10^{80} parçacık içer-

diğini söylüyorlar (şimdilik tanımlanamayan unsurlar olan karanlık madde ve karanlık enerjiyi göz ardı ediyoruz). Bu oldukça büyük bir miktar.

Var olan şeylerin iki niteliği var: madde ve ışıma. Fizikte bunlara, istatistiksel özelliklerini keşfeden iki bilimadamına atfen, fermiyon ve bozon adı verilir. Madde ile ışıma arasındaki etkileşim veya diyalog doğal dünyanın zengin olgularına yol açar.

Fermiyonlar mesafeli ve bireycidir. Fermiyon sözcüğü "parçacık"tan fazlasını ifade eder, çünkü aynı zamanda bir parçacık grubunun istatistiksel özelliklerini de anlatır: iki parçacık aynı mikroskobik özellikler kümesini paylaşamaz. Fermiyonlar ister erken evrenin plazmasında, ister odanın öteki ucundaki sandalyede olsunlar bu geçerlidir. Fermiyon, ismini 1920'lerde onun özelliklerini açıklamış İtalyan fizikçi Enrico Fermi'den almıştır. Fermi 1938'de ABD'ye gitti ve çok geçmeden Chicago Üniversitesi'nin tenis kortunda inşa edilmiş reaktörle ilk kez nükleer fizyonu gösterdi. Fermi teoriye ve gözleme aynı ölçüde hâkimdi. Meslektaşları onun fiziksel hükümlerine çürütülemez gözüyle baktığı için ona "Papa" lakabını takmışlardı. Problemlerin çözümlerini tahmin etmek için basit matematik ve mantıksal akıl yürütme yöntemini, günümüzde de fizik öğrencilerine öğretilen bir yöntemi kullanıyordu.[2] Talihsiz bir deneyimle Fermi ilk atom silahı testi olan Trinity'ye tanık oldu. Patlama dalgası kendisine isabet ettiğinde bir kâğıt parçasını elinden bıraktı ve onun düşüş hızına bakarak bombanın şiddetini tahmin etmeye çalıştı.

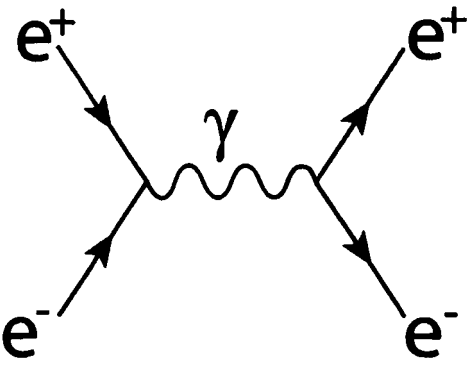
Bozonlar bir arada bulunurlar ve aralarındaki ilişkiler gelişgüzeldir. Bozon kelimesi "ışımadan" daha fazla anlam barındırır, çünkü doğada bulunan bütün kuvvetlerin taşıyıcılarını içerir. Foton bozondur ve bozon ile aynı enerjiye sahip olup aynı uzayı işgal edebilir; prensipte ışımanın enerji yoğunluğunun sınırı yoktur. Bozon, ismini, tanınana kadar çeşitli badireler atlatmış Hintli fizikçi ve matematikçi Satyendra

Bose'den almıştır. Dergiler onun fotonların istatistiği üzerine yazdığı çığır açıcı makalesini reddetmiştir ve Bose ancak Einstein'ın desteğiyle makalenin 1924'te yayımlanmasından sonra fizik camiasında hak ettiği yere gelebilmiştir. Bose, Einstein ile çalışmak için Berlin'e gitmiş ve sonunda doktorası olmamasına rağmen kıdemli bir profesör olmuştur.

Evrende parçacıktan çok foton, fermiyondan çok bozon, uzun ömürlü şeylerden çok kısa ömürlü şeyler bulunur ve bunun bir açıklaması olması gerekir. Evrendeki şeylerin azıcık bir kısmı 100 milyar galaksi, sayısız yıldız ve gezegenin oluşmasına yetiyor, dolayısıyla bu azıcık materyal küçümsenemez; ayrıca başka bir nedenden, antimaddenin pek az olmasından ötürü de değerlidir.

Antimaddeyi neden önemsememiz gerektiğini anlamak için 1920'lerin fiziğindeki diğer önemli bir hadiseye göz atmamız lazım. İngiliz fizikçi Paul Dirac kuantum mekaniği denilen yeni bir kuramın çok önemli kısımları üzerinde çalışıyordu. Kuantum kuramı, atomların dalga benzeri özellikler sergilediği ve kesin değil de belirsiz davrandığı tuhaf ve bazen de akla ters gelen atomaltı parçacıklar dünyasını açıklar. Bu dünyada hareket olasılıklarla ifade edilir ve bilgi, ne kadar zekice olursa olsun ölçümün üstesinden gelemediği bir belirsizlik perdesiyle sınırlıdır. Dirac elektronun davranışını ifade eden temel denkleme iki çözüm buldu: pozitif karekök ve negatif karekök. Negatif sayılı çözümü, negatif enerjiye sahip olduğu için anlamsız diye bir kenara atmak yerine matematikten yola çıkarak onun da aynı ölçüde geçerli olduğuna karar verip makalesine koydu (Şekil 13.1).

Dirac yirminci yüzyıl fiziğinin devlerinden biriydi. İnsanların arasına fazla karışmayıp tevazuuyla ün yapmış biriydi. Pazar günleri uzun yürüyüşlere çıkmanın ve takım elbiseyle ağaçlara tırmanmanın dışında esasen tüm zamanını çalışmakla geçiriyordu.[3] Meslektaşlarıyla fazla konuşmaz, düşüncelerini zarif bir dille makalelerinde anlatırdı. Hatta



Şekil 13.1. Her parçacık bir antiparçacık eşine, uzayda yansıyan ve zıt yük taşıyan bir "gölge" madde formuna sahiptir. Elektronun antiparçacığı pozitrondur. Elektron-pozitron çifti saf enerjiden yaratılabilir ve bir araya geldiklerinde birbirlerini yok ederek saf enerjiye dönüşürler.

Cambridge'deki meslektaşları, konuşma kabiliyeti olan bir insanın, konuşabileceği en düşük kelime sayısı için bir birim icat etmişlerdi: 1 Dirac = Saatte ortalama bir kelime. Graham Farmelo'nun biyografisinde Dirac'ın meslektaşı Freeman Dyson şöyle diyor: "Onun keşifleri gökten peş peşe düşen incelikle oyulmuş taşlara benziyordu. Saf düşünceyle doğa yasalarını bulma yeteneğine sahipti." Dirac ve babası muhtemelen az da olsa otistikti ve bilim tarihinde böyle şaşırtıcı dehalar ender görülür.

Dört yıl sonra Carl Anderson bulut odacığında kozmik ışınların etkileşimi gözlemlerken garip bir şey gördü. Bir bulut odacığının içinde su veya alkol gibi aşırı doymuş bir sıvıdan enerjik bir parçacığın buhar izi gibi geçtiğini gördü. Yüklü parçacığın eğik bir iz bırakması için manyetik bir alan uygulandı. Anderson elektronların bıraktığı ize aşinaydı ama birkaçının zıt yöne büküldüğünü gördü. Doğrusu elektronla aynı kütleye ama zıt yüke sahip parçacıklar vardı. Anderson

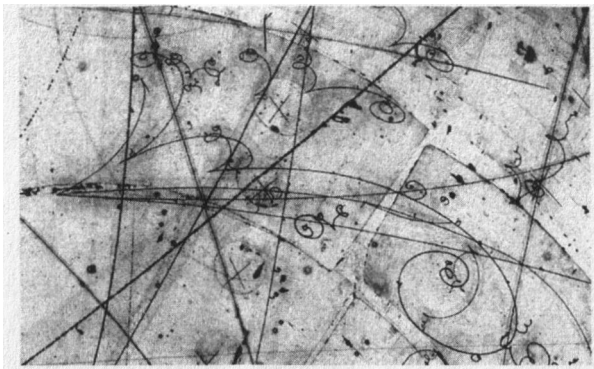
onlara "pozitif elektron" manasında pozitron adını verdi. Dirac'ın çalışmalarında onlar antielektron olarak görülüyordu.[4] İşte antimaddenin keşfi böyle oldu.

1950'lere gelindiğinde, bilimadamları antiproton ve antinötron oluşturmayı başardılar, böylece maddenin bütün normal bileşenleri bu "gölge" formunda var olabiliyordu. Antimadde diğer türlü normal maddeden ayırt edilemeyen ama zıt kuantum özelliklerine sahiptir. Bir parçacıkla onun antiparçacık eşi temasa geçtiğinde yok olurlar ve ışımaya veya enerjiye dönüşürler. Aynı şekilde saf ışıma parçacık ve antiparçacık çiftleri yaratabilir, ama tek başına parçacığı veya antiparçacığı yaratamaz. Bir bulut odacığının içinde parçacık ve antiparçacık çiftleri oluşum noktasından itibaren boynuz gibi çatallanarak zıt yönlerde bükülen buhar izleri gibi görünürler (Şekil 13.2).

Evrenin antimaddeden yoksun olduğunu nerden biliyoruz?

Maddenin antimaddeyle karşılaşmasıyla şiddetli şekilde ve ansızın yok olması bize çok iyi ipuçları veriyor. Süpermarkete girdiğimizde raflarda saklanan anti-şeftali kutularına, gökyüzünde yüzen anti-bulut kümelerine, bahçemizde vızıldayan anti-arı sürüsüne rastlamıyoruz. Eğer kötü kalpli uzaylı bir anti-ikiziniz varsa, bir gün onunla karşılaşıp el sıkışır ölürüm diye endişelenmenize gerek yok; onlar, gama ışınları yeryüzüne ulaşır ulaşmaz anti-ayakları yere değdiğinde yok olmuşlardı.

Dünya'da antimadde dev hızlandırıcılarda üretilip saptanır. Antimaddeyi duyular dünyasına sokmak mümkün olabilir. Antimaddenin mikroskobik bir parçasının dilinize damladığını hayal edin. Onun antiatomları tat bezlerinizdeki atomlarla hemen birleşip yok olurlar ve geride gama ışınlarının ani ve hafif esintisi kalır. Bu hafif ışıma yanığı antimaddenin kendine özgü "tadıdır". Bunu bulmak için milyarlarca dolarlık tesislere gerek yok!



Şekil 13.2. Antimadde ilkin buhar odacıklarında saptandı. Bu odacıklarda bir parçacık dedektördeki aşırı doymuş buharla etkileşime geçer ve enerji, parçacık ve antiparçacık çiftine dönüşür. Dışarından bir manyetik alanın uygulanmasıyla parçacıklar ve antiparçacıklar zıt elektrik yüklerine sahip olduklarından zıt yönlerde bükülürler. Bu görüntü kabarcık odası diye adlandırılan modern bir düzenekten elde edilmiştir. Bu düzenekte basınç altındaki sıvıdan yükselen minik kabarcıkların buharı iz bırakır.

Apollo astronotları evlerinden çok uzakta aya ayak bastıklarında tatsız sürprizlerle karşılaşmadılar. Ortalıkta ne yeşil peynir ne de antimadde vardı. Mars, Venüs ve Titan'a gönderdiğimiz sondalar temas sırasında buharlaşmadılar. Güneş bize Güneş rüzgârı dediğimiz, yüksek enerjili parçacıklardan oluşan daimi bir rüzgâr banyosu yaptırır. Ve bu rüzgâr atmosfere çarptığında gelenlerin hemen hemen hepsinin antiparçacık değil de parçacık olduğunu tespit edebiliyoruz.[5] Prensipte antimadde saf vakumla maddeden iyice ayrıldığında fark edilmeden kendi başına kalabilir. Fakat yıldızlar arasındaki uzay gerçekte boş olmadığından ve yıldızlar yaşlanıp sönerken çevreleriyle etkileşim kurduğundan galaksimizde anti-yıldız oluşumunun önünde güçlü engeller vardır. Samanyolu'nun ötesinde de aynı mantık geçerlidir. Galaksilerin arasındaki uzay mükemmel bir vakum değildir ve galaksiler zaman zaman etkileşime geçerler ve hatta bir-

leşirler. Astronomlar anti-galaksilerle birleşen galaksilerden kalan gama ışınlarının belirtilerine rastlamamışlardır.

En büyük yapılar birkaç yüz milyon ışık yılı genişliğindeki süper kümelerdir. Madde ile antimadde bu kadar geniş alanlarda birbirinden ayrılmış olsa bile sınırlarda meydana gelen yok oluşlar mevcut uydular tarafından saptanabilecek güçte bir gama ışını sinyali üretirdi. Dolayısıyla madde ile antimadde arasındaki simetri, görünür evren büyüklüğüne varan ölçeklerde geçersizleşir.[6] Çokça madde görüyoruz ama neredeyse hiç antimadde görmüyoruz. Antimaddenin alanı kozmolojik ufkumuzun ötesinde mi sorusu ilginç bir sorudur ve bu soruya ileride döneceğim.

Antimaddenin son derece nadir olması rahatlatıcıdır, çünkü hiç kimse ortadan kaybolup saf enerjiye dönüşmek istemez. Ama aynı zamanda şaşırtıcıdır, çünkü temel fizik madde ve antimadde ayrımı yapmamaktadır. Bunun nedenini anlamak için parçacık fiziğinin dünyasına girmemiz gerekiyor.

STANDART MODEL

Parçacık fiziğinin standart modelini anlamak için önce küresel Poincaré simetrisine tabi olan göreceli kuantum alan kuramından türetilen bir Lagrange denklemine bakmamız gerekiyor...

Şaka yaptım. Meraklısı olmayanların uzak durduğu bu bilim alanı üniversitede yüksek matematik tahsili almışları bile canından bezdirir. Maddenin asıl doğasını anlama arayışının söz konusu alanı elit bir kuramsal fizikçi çevresiyle sınırlandıran bir biçimciliğe yol açması büyük bir talihsizliktir. Onlara göre zikrettiğimiz kuram acı verici ölçüde güzel ve zarif bir matematik içeriyor. Başkalarına göreyse anlaşılmaz ve kuramın uygulayıcıları kendilerine has bir dille konuşan garip bir tarikatın yüksek din adamları gibiler.

Gelin, herhangi bir çocuğun sorabileceği basit bir soruyla işe başlayalım: Madde gerçekte neden yapılmıştır?

Yirminci yüzyılın başlarına dek bu sorunun cevabı atomlardı. O zamanlar atom, fiziksel dünyanın bütün içeriğini oluşturacak şekilde birleşmiş, maddenin bölünmez katı birimi olarak görülüyordu. Lakin Ernest Rutherford ve başkalarının yaptığı incelikli deneyler atomların ekseriyetle boşluktan oluştuğunu ortaya koydu: Proton ve nötronlardan oluşan yoğun bir çekirdeğin çevresini dağınık bir elektron bulutu sarıyordu. 1960'larda atom çarpıştırıcılar, protonların ve nötronların temel parçacıklar olmadığını, onların kuark adında, garip bir şekilde kesirli yüklere sahip parçacıklardan oluştuğunu ortaya koydu. Ayrıca binlerce kilometre kalınlığındaki sert demir blokun içinden bir yana savrulmadan geçebilen nötrino adında ağırlıksız bir parçacık da vardı. Öte yandan baştaki çocukça sorumuzun cevabı oldukça basittir: iki tür kuark,[7] elektron ve nötrino. Kuarklar inanılmaz derecede küçüktür. Eğer bir atomun büyüklüğü Dünya kadar olsaydı bir proton da futbol sahası büyüklüğünde, protonun içindeki kuarklar da tenis topu büyüklüğünde olurdu.

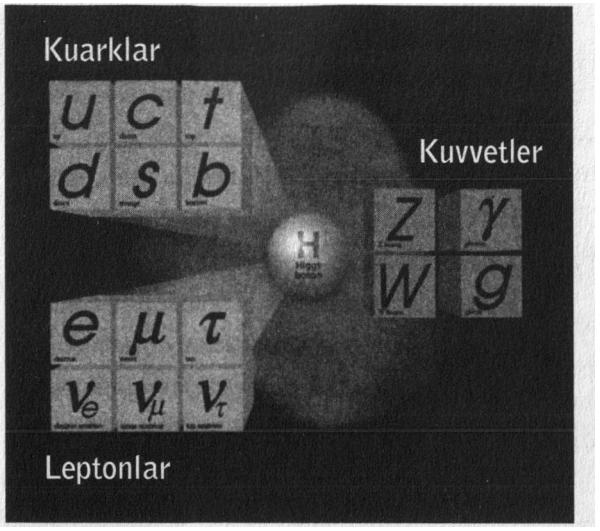
Altmışlı ve yetmişli yıllarda parçacık hızlandırıcılardan elde ettiğimiz sonuçlar mikroskobik dünyanın önemli ölçüde karmaşık olduğunu gösterdi. Işık hızına yakın bir hızda atomları birbiriyle çarpıştırmak birçok yeni parçacık ortaya çıkardı, periyodik tablodaki elementlerden bile fazla sayıda parçacık tanıdık. Fakat bunların hepsi 12 parçacığa veya giderek artan kütlelerde üç seviyede düzenlenmiş fermiyonlara indirgenebilir. En alt seviye bilindik maddedir: "yukarı" kuark ve "aşağı" kuark,[8] elektron ve nötrino. İkinci seviye "garip" kuark ve "tılsım" kuark, muyon ve onunla bağlantılı nötrinoyu içerir. Üçüncü seviyeyse "üst" kuark ve "alt" kuark, tau parçacığı ve onunla bağlantılı nötrinoyu içerir. İkinci ve üçüncü seviyelerdeki daha masif parçacıklar kararsız olmaya eğilimlidirler ve sadece parçacık hızlandırıcılarında kısa süreliğine meydana getirilirler. 12 parçacığın her birinin eş bir antiparçacığı vardır ve bu antiparçacıklar yeterince enerji ta-

şıyan çarpışmalarda meydana getirilir ama eş parçacıklarıyla karşılaştıklarında hemen yok olurlar.

12 fermiyona karşılık olarak birlikte evrendeki bütün etkileşimleri tarif eden dört temel kuvvet vardır. Her bir kuvvetin taşıyıcı bir parçacığı, yani bozonu vardır. Elektromanyetik kuvveti taşıyan fotonları tanıyoruz. Onun kadar tanınmayan W ve Z bozonları radyoaktiviteye yol açan zayıf nükleer kuvveti taşırlar, ve gluonlar güçlü kuvveti taşıyıp kuarkların protonların ve nötronların içine sıkıca kapatılmalarını sağlarlar.[9] Tabloyu tamamlayan parçacık ise kütleçekim kuvvetini taşıyan varsayımsal bir parçacıktır: graviton. Graviton şimdiye değin gözlemlenmiş değildir. 12 fermiyonu ve dört bozonu tarif eden kuramsal çatıya Standart Model adı verilir (Şekil 13.3).[10]

Standart Model yarısı dolu yarısı boş bir bardağa benzer. Bir yandan, geçen otuz yıl zarfında etkileyici başarı silsilesine imzasını atmıştır. En büyük dört kuark öngörüldüğü gibi saptanmıştır ve kuram parçacık hızlandırıcılarındaki etkileşimler ağını güzelce açıklamaktadır. Ayrıca gücü büyük ölçüde değişen temel kuvvetlerin yeterince yüksek enerjilerde birleşeceğini de tahmin etmişti. Bu birleşmenin elektromanyetik kuvvet ile zayıf kuvvetin birleştiği ilk evresi 1970'lerde gösterildi.

Diğer yandan, Standart Model en iyi işini yıllar önce çıkarmış ve kusurları eskiden görmezden gelinirken şimdi göze batan yaşlı bir film yıldızına benziyor. Neden kuarklar ve hafif parçacıklardan oluşan üç seviye olduğunu açıklamıyor. Daha derin bir yapının olabileceği ihtimalini açık bırakıyor. Bütün parçacıkların kütlelerini tahmin edemiyor. Bu eksiklik, fizikçileri diğer bütün parçacıklara kütlesini veren Higgs bozonu diye bir parçacık olduğunu öne sürmeye ve bu parçacığı bulmak için CERN'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı ve Fermilab'daki Tevatron'u kullanmaya itti.[11] Şimdiye değin, yirmi milyar dolarlık donanım, evrendeki her şeye ağırlık kazan-



Şekil 13.3. Parçacık fiziğinin Standart Model'i maddenin 12 temel öğesini ve dört temel kuvveti içerir. Normal maddede sadece üç parçacık vardır: yukarı kuark, aşağı kuark ve elektron. Parçacıkların ikinci ve üçüncü kuşakları çok daha yüksek enerjilere sahiptir ve kararsızdır. Olağan dünyada kütleçekiminden atom çekirdeğini bir arada tutan güçlü kuvvete kadar uzanan, güçleri birbirinden oldukça farklı dört tane kuvvet-taşıyıcı parçacık vardır.

dıran bu minik parçacığı bulmayı başaramadı.* Eğer Higgs parçacığı makul bir enerji aralığında bulunamazsa Standart Model büyük bir darbe almış olacak. O zaman bir daha kimse onu hiçbir filmde oynatmaz.

Standart Model dört temel kuvvetin en zayıf olanı, kütleçekim kuvvetini içermediği için eksiktir. Nötrinoların kütlesiz olması gerektiğini öne sürmüştü, ama gerçekte kütleleri olduğu yakın geçmişte kanıtlanınca modelimiz afalladı.[12]

* Yazarın bu satırları yazmasından neredeyse tam bir yıl sonra, 4 Temmuz 2012'de, Higgs Bozonu İsviçre'nin Cenevre kentindeki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nda yapılan bir deney sonucunda bulgulandı. (Çev. n.)

Ayrıca bununla da kalmadı, evrenin yüzde 95'inden fazlasını oluşturan karanlık madde ve karanlık enerjiyi ne tahmin edebildiği ne de açıklayabildiği için büyük bir kusura sahiptir. Utancının son halkası ise evrenin neden çokça normal madde içerip neredeyse hiç antimadde içermeyişini açıklayamayışıdır.

Mikroskobik düzeyde madde ve antimadde eşit konumdadır. Parçacıklar ve antiparçacıklar enerjiden tıpatıp aynı oranlarda yaratılır. Kuantum kuramı her bir parçacığın eş bir antiparçacığa sahip olduğunu söylemişti. Nitekim bu antiparçacıklar fizik deneylerinde gözlemlendi.[13] 2002'de CERN'deki fizikçiler antiprotonlarla antielektronları birleştirip antihidrojen yaptılar. Altından kalkılması çok zor bir işti bu, çünkü antiparçacıklar neredeyse ışık hızında meydana çıkarılır; bir araya getirilip soğutulmaları ve normal atomlarla birleşmelerinin engellenmesi gerekir. Antimadde yapmak çok verimsiz ve pahalı bir iştir.[14] Saniyede yaklaşık 100 tane antiatom üretilir ve bunlar bir dakikadan daha az yaşar. Kötü adamların bomba yapımı için Roma'ya gönderilmek üzere CERN'den bir gram antimadde çaldıkları, Dan Brown'ın *Melekler ve Şeytanlar* adlı romanının dayanak noktası saçmadır. Günümüzün üretim randımanıyla bir gram antimadde üretmek 10 milyon yıl almaktadır ve bir gramın milyarda birini üretmenin maliyeti bir milyar dolardır. Öteden beri antimadde mevcut en pahalı şey, daha doğrusu antişeydir.

Standart Model'de madde ile antimadde arasındaki simetri temel bir ilkedir. Daha geniş anlamda, fiziğin bütün başarılı kuramları uzay, zaman ve yük bileşiminde bir simetri taşır. Simetriyi bir nesne ile nesnenin ayna üzerindeki görüntüsü ya da yansıması olarak düşünebiliriz. Sözgelimi uzay için konuşacak olursak bu, gerçek aynadaki bir yansıma olur ve sağ elin eldiveni sol elin eldiveni olarak görünür ve sola dönen bir parçacığın görüntüsü de sağa dönen bir parçacık olarak çıkar (her ne kadar tersliğin üç uzamsal boyutta gerçekleş-

mesi gerekse de bu böyledir). Zaman söz konusu olduğunda, geçmişle geleceği bağlayan ok ters yöne döner. Elektrik yükü söz konusu olduğunda, yükün işareti değişir, bu da her parçacığın yerine onun antiparçacığının konması demektir.

Bu simetri ilkesinin anlamı nedir? Anlamı şudur: Laboratuvar ortamında gözlemlenen herhangi bir parçacık etkileşimi, ikiz antiparçacığıyla yer değiştirdiğinde de işlemelidir; onlar etkileşimin ilk bileşenleriyle son ürünlerinin tersine döndüğü, geriye doğru işleyen zaman ve uzayda –aynadaymış gibi– yansırlar. Bu durum kanıtlanmıştır. Antimadde ve ters zaman zinciri kullanılarak bilindik normal madde etkileşimleri yeniden yaratılabilir. Mikroskobik düzeyde doğa zamanın belli bir yönünün olduğundan "habersizdir."

Teoride, geriye doğru işleyen zamanla antimaddeden oluşan ama bizimkiyle aynı fiziksel yasalara tabi olan, yansıma niteliğindeki bir evren mümkündür.

Şimdiye değin, uzay, zaman ve yükün birleşik simetrisinin kusursuz olduğu kanıtlanmıştır. Ama birtakım aynalarda bazı çatlaklar var. 1957'de sol görüntüyle sağ görüntü sonuçlarının gerçekleşmesi arasında farklılık olan bir radyoaktif bozunma gözlemlendi. Bu, bir nesne ile ayna görüntüsünü ayırt etmek için yapılan ilk fizik deneyiydi.

Fizikçi Richard Feynman bu keşfi aydınlatmak için bir hikâye anlatır. Varsayalım ki bilgi aktarmak için ışık sinyallerini kullanarak uzaylılarla çift taraflı bir iletişim kurdunuz. Boyunuzu ışığın dalga boyu açısından, yaşınızı da ışığın frekansı açısından bildirebilirsiniz. Fakat varsayalım ki birisini selamlamak için sağ elinizi kaldırdığınızı anlatıyorsunuz. O zaman uzaylı "Bir saniye bekle, 'sağ'dan kastın nedir?" diye soracaktır size. 1957'den itibaren bu soruya cevap verebiliyoruz. Uzaylılara solu sağdan ayırt etmek için nasıl bir fizik deneyi yaptığımızı anlatabiliriz. Feynman hikâyeye haylaz bir final ekliyor. Varsayalım ki sonunda uzaylıyla buluşmak için uzaya yolculuk ediyorsunuz. O size sol elini uzatıyor. Aman

dikkat! Bu demektir ki o, antimaddeden yapılmış, çünkü antimadde kullanılarak yapılan aynı fizik deneyi zıt sonucu verir.

Aynadaki ikinci çatlak 1964'te görüldü. O yıl K mezon adındaki bir parçacığın bozunmasının antimaddeyi değil de maddeyi tercih ettiği görüldü.[15] Bu durum mevcut evrende maddenin hâkimiyetinin kilit noktası mı? Hayır. Etki çok zayıftır ve gözlemlediğimiz 100 milyar galaksiyi değil de ancak tek bir galaksiyi oluşturacak kadar madde fazlası çıkmaktadır. Standart Model neden yokluk değil de varlık var sorusuna cevap veremiyor.

MADDE YARATMAK

Manzaraya bakalım. Büyük patlamadan bir mikrosaniye sonrası. Görünür evren Güneş Sistemi'nden çok ama çok büyük ve bizim soluduğumuz havanınkinden fazla düşük olmayan bir yoğunluğa sahip. Bu bize oldukça hoş ve bilindik geliyor ama aynı zamanda Güneş'in çekirdeğinden 100.000 kat daha sıcak ve gama ışınlarının ateş fırtınasıyla dolu. Parçacıklar ve antiparçacıklar bir belirip bir kayboluyor, her zaman çiftler halinde ve şaşırtıcı bir hızda.

Filmi biraz daha ileri sarıp büyük patlamadan on mikrosaniye sonrasına gidelim. Genişleme evreni öylesine soğutmuş ki ışıma artık kuarklar ve antikuarklar yaratamıyor. O anda var olan kuarklar ve antikuarklar "donmuş" haldeler ve birbirlerini yok ediyorlar. Bir an sonra benzer bir süreç daha hafif parçacıklarla yaşanacak. Elektronlar ve pozitronlar, artık ışıma onları yaratamadığı için o anda ortadan kaybolurlar. 10 milyon derecelik kavurucu bir sıcaklıktan bahsediyoruz. 100 mikrosaniyeye –bir bal arısının kanatlarını çırpma süresinin yirmide birine– gelindiğinde her şey biter. Bir dans salonunda tek başına hiç kimse kalmadan kızlarla erkeklerin eşleşmesi gibi parçacıklar ve antiparçacıklar eşleşmiştir. Evrende sadece ışıma vardır. Evren genişlemeye devam eder ve foton-

lar esneyen boşluğa doğru tembelce yayılırlar. Evren madde olmadığı için yapıdan ve *bizden* yoksun kalmıştır.

İşte bu tarihtir; ama kritik bir farkla. Madde ile antimadde arasındaki simetri mükemmel değildi. Madde antimaddeden fazla olduğu için doğa çok hafif asimetrikti. Her bir milyar antikuark için bir milyar artı bir kuark vardı ve her bir milyar pozitron içinse bir milyar artı bir elektron vardı. Madde ile antimadde son kez birbirini yok ettiğinde sonuç her parçacık için bir milyar foton oluşması ve antiparçacığa rastlanmaması oldu.[16] Fotonlar genişlemeyle birlikte yayılmaya devam ederken mikrodalga arkaplan ışıması diye saptanan cansız ışımaya dönüştüler. Bu arada parçacıklar kütleçekim kuvvetinin etkisiyle birleşerek 100 milyar galaksiye dönüştüler ve bu galaksilerden biri bizim çok sevdiğimiz Dünya'nın etrafında döndüğü orta yaşlı bir yıldıza sahip oldu.

Bizim varlığımızı doğuran simetri minikti, milyarda bir kadar. Benzetmeler onu zihnimizde canlandırmaya yardım edebilir. Varsayalım ki biri çölde 1000 kilometre çapında çelik bir halka inşa etmiş. Halkanın üzerinde helikopterle dolaşırken mükemmellikten bir sapma tespit edemezsiniz, çünkü daire sadece 1 milimetre çarpıktır. Ya da varsayalım ki birisi 20 kilometrekarelik bir alana bozuk paralar serpmiş ve paraların hepsi tura gelmiş, biri hariç. Yahut varsayalım ki Hindistan'da farklı model gömlek giymiş tek bir insana rastlamışsınız. Ben mükemmellikten bu hafif sapmaya minnettarım, çünkü bu olmasaydı ne siz bu kitabı okuyabilirdiniz ne de ben burada olabilirdim.

Önceden hiç madde yokken madde yaratmak için gereken fiziksel şartlar Andrey Saharov'un 1967'de yazdığı üç sayfalık bir yazıda veciz bir şekilde özetlenmiştir. Bu yazı ciddiye alınmadı ve sonraki on yıl boyunca başka hiçbir yazıda ona gönderme yapılmadı. Fakat şimdi bir sürü makale bu yazıdan söz ediyor ve çığır açıcı bulunuyor. Saharov kozmoloji ile yüksek enerji fiziğini ilişkilendiren ilk bilimcilerden biriydi.

Saharov'un hayatı savaş mimarlığından barış taraftarlığına evrilen şaşırtıcı bir yolculuğu içeriyor. Genç bir adamken İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra hidrojen bombası üzerinde çalışmak için tenha Rus kenti Sarov'a gitti. O zamana kadar patlatılmış en büyük nükleer silah olan Çar Bombası ile sonuçlanacak, giderek güçlenen bir dizi cihazın baş tasarımcısıydı. Çar Bombası 1953'te Sibirya üzerinde test edildi ve İkinci Dünya Savaşı'nda kullanılan bütün silahlardan 10 kat daha yıkıcı güce sahip olduğu anlaşıldı. Saharov, Stalin Ödülü, Sosyalist Emek kahramanı madalyası ve Moskova dışında bir villayla ödüllendirildi.

Sovyetlerin içinde neler olup bittiğini iyi biliyordu ama araştırmasının ahlâki ve siyasi sonuçlarına dair endişeleri giderek arttı. 1950'de barışçıl amaçlar için füzyon enerjisini kullanma fikrini ortaya atmıştı ve onun tokamak tasarımı bugün de kullanılmaktadır. 1963'te Nükleer Denemelerin Kısmi Yasaklanması Anlaşması'nda büyük bir rol oynadı. Beş yıl sonra "İlerleme, Barış İçinde Birlikte Yaşama ve Düşünce Özgürlüğü" başlıklı etkileyici denemesi muhalif hareket içinde bir yer altı klasiği oldu. 1972'de insan hakları eylemcisi Yelena Bonner ile evlendi ve 1975'te Nobel Barış Ödülü'nü kazandı, ama ödülü almak üzere Sovyetler Birliği'nden ayrılmasına izin verilmedi. 1980'li yılların çoğunu Gorki şehrinde ev hapsinde geçirdi ve Mihail Gorbaçov'un glasnost politikasına kadar "itibarı iade edilmedi". 1989'da ölümünden sonra adına çeşitli itibarlı insan hakları ödülleri verildi.

Maddenin kökeni fizik ve kozmolojide kritik bir konudur. Maddenin nasıl olup da varlık sahasına çıktığını hâlâ bilmiyoruz ve tek makul açıklamalar Standart Model'in test edilmemiş uzantılarıdır. Öte yandan maddenin evrenin tarihinin çok erken bir aşamasında varlığa gelmiş olması gerektiğini biliyoruz, çünkü maddeyi yaratacak herhangi bir süreç geride kalan ışımayı da etkilemiştir. Bizim gözlemlediğimiz, büyük patlamadan 380.000 yıl sonrasına dayanan mikrodalga ışıma-

sı, bir madde yaratma sürecini saniyenin minik bir parçasına sıkıştıran tek bir sıcaklığı temsil eder.

Maddenin baskın çıkmasına yol açan dengesizliğin ta baştan beri var olma ihtimali de söz konusudur. Ama bu mantıksal açıdan kuşkuludur, çünkü evren her şeyi içeriyor ve dolayısıyla hiçbir şey onun dışında veya ondan önce olmasa gerek. Aslında, gelecek bölümde göreceğimiz gibi, çok erken evrende muhtemelen ilk simetriyi bozmuş veya zayıflatmış süreçler gerçekleşti. Bu da bizi büyük patlamadan hemen sonraki anda fiziğin durumu üzerine düşünmeye itiyor.

Saharov evrende yokluğun değil de ışımanın yanı sıra bir şeyin daha olması için üç şart öne sürer. Birincisi, etkileşimlerde parçacık sayısının korunması kuralının ihlal edilmesi gerekir. İkincisi, uzayın ikizinin oluşması ve bütün parçacıkların yerini antiparçacıkların almasıyla gerçekleşen mükemmel simetrinin bozulması gerekir. Son olarak, evren çok hızlı veya çok şiddetli değişmelidir ki artan madde silinip süpürülsün veya yok edilsin. Kuramcılar erken evrende maddeyi yaratmak için fevkalade yaratıcı yollara başvurdular. Bütün fikirler zekice ama hiçbiri test edilmiş değil.

Laboratuarda yapılan bir deneyle erken evrende olanları öğrenmek mümkün müdür? Evet. Genişleyen erken evrenin sıradışı koşullarını Dünya'da taklit etmenin bir yolu yok. Fakat parçacıkları ışık hızına yakın hızlara çıkarıp çarpıştıran hızlandırıcılar büyük patlamadan sonraki ilk anlardan itibaren görülmemiş sıcaklıkları kısa süreliğine yeniden yaratabilir.

Long Island adasında bulunan Brookhaven Ulusal Laboratuvarı'ndaki Rölativistik Ağır İyon Çarpıştırıcısı bunu yapan ilk cihazdı. Altın iyonlarını çarpıştırdı. Şimdiki şampiyon ise Cenevre yakınında Fransa-İsviçre sınırı üzerinde konuşlanmış CERN'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'dır. Her iki cihaz da saniyenin minicik bir dilimi için trilyonlarca derecelik ısıya ve soluduğumuz havanın basıncından 10^{30} kat büyük basınca



Şekil 13.4. ATLAS deneyi İsviçre'nin Cenevre kentindeki CERN'de bulunan Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nda yapıldı. ATLAS büyük patlamadan sonraki saniyenin minik bir biriminde son kez görülen enerjilerin benzerlerini üreten çarpışmaların ürünlerini saptayan altı dedektörden biridir. Büyük Hadron Çarpıştırıcısı Standart Model'deki bütün parçacıkların kütlesini belirlemek üzere öne sürülmüş Higgs bozonunu saptamak amacıyla tasarlanmıştır.

sahip ateş topları yaratır. Bu koşullarda kuarklar kendileriyle ve normalde onları atom çekirdeğinde sımsıkı tutan gluyonlarla serbestçe etkileşime geçerler. Şimdiye değin bu koşulların gerçekleştiği tek evren büyük patlamadan bir nanosaniyeden daha kısa süre sonraki evrendi. Madde ile antimadde arasındaki asimetrinin kilit noktası şimdiye değin bu deneylerde bulunmuş değildir, ama gelecek birkaç yılda Büyük Hadron Çarpıştırıcısı birçok ihtimali test edecektir (Şekil 13.4).

Bilindik hikâye anlatımının sınırlarına dayandık. Kozmolojide teleskoplar geçmişe dönüp büyük patlamaya yakın

anlara bakmamızı sağlayan zaman makineleridir. Kanıt izi kökenden birkaç dakika sonrasına –kozmik ateş topunda hafif elementlerin oluştuğu zamana– kadar kesintisiz sürülebilmektedir. Tarihin ilk saniyesine geri dönüp bakarken ipuçlarını fizikten olduğu kadar astronomik gözlemlerden de elde ediyoruz.

Şayet metaforları esnetip hayal gücümüzü kullanırsak şunu söyleyebiliriz: Bu sade dünya duyular dünyasıdır. Süper hassas bir duyumla büyük patlamadan 380.000 yıl sonra birbirlerinden ayrılmadan önce ışıma ve maddenin son etkileşimlerini duyabileceğimizi gördük. Süper hassas bir görüşle büyük patlamadan 10.000 yıl sonra görünür spektrumdan geçen ateş topunu gözlemleyebiliriz. Koku burnumuzdaki alıcılara uygun belli şekillere sahip moleküllere bağlıdır. Belki de süper hassas bir koku alma yetisiyle ilk üç dakikada birleşmiş çekirdeklerin şekillerini saptayabiliriz. Büyük patlamadan bir mikrosaniye sonra antimaddenin mikroskobik damlasının tadına bakmak için süper hassas bir tat alma organına sahip olmamız gerekiyor. Hafif bir ışıma yangısına rağmen çok erken evrenin tadı pek tabii kozmikti.

İNCE AYARIN İPUÇLARI

Yokluğun değil de varlığın mevcut olması sevindirici olduğu kadar şaşırtıcıdır da. Şayet madde ile antimadde arasında mükemmel bir simetri olsaydı evren karartma ayarlı anahtardaki koca bir ampul gibi süper kümeler, yıldızlar, gezegenler ve insanların işleri karıştıran keşmekeşi olmaksızın akkor haldeyken sönerek kararıp soğurdu. Birkaç bölüm önce evrenin bizim varoluşumuza uygun özellikleri taşımasına, bizim varoluşumuza uygun olmayan özellikleri de taşımamasına şaşırmamamız gerektiğini öğrenmiştik.[17]

Ne var ki şu soruyu sormak heyecan vericidir: Ya öbür türlü olsaydı? Mümkün dünyaların en iyisinde yaşıyoruz varsa-

yımını kabul etmeden, şayet temel özellikleri farklı olsaydı evren neye benzerdi diye sorabiliriz.

10^9'da 1 asimetri bizlerin ve evrendeki bütün galaksilerin doğmasına vesile oldu. Eğer asimetri daha küçük olsaydı (10^{11}'de 1 veya daha az) galaksi oluşumu için yeterli madde olmazdı. Eğer asimetri çok daha büyük olsaydı, bol miktarda madde yıldız ve galaksi oluşumu olmadan katılaşırdı. Kozmolojideki boyutsuz bir başka sayı da mikrodalga arkaplan ışımasındaki dalgalanma düzeyidir; 10^5'te 1 erken evrenin "taneselliği"dir. Eğer bu oran çok daha küçük olsaydı (10^6'da 1 veya daha az) yıldızlar oluşmazdı. Şayet 10^3'te 1 veya daha fazla olsaydı kütleçekimi çok büyük kara delikler oluştururdu ama normal yıldızlar oluşmazdı. Açıkçası erken evrenin taneselliği normal yıldızları meydana getirecek "düzeyde" idi.

Kozmik genişleme başka bilmeceleri gündeme getiriyor. Uzayın geometrisi düze çok yakındır. Gördüğümüz gibi, büyük patlamadan kalan mikrodalga arkaplan ışımasını tartışırken karakteristik "benekler" uzaydaki uzun yolculukları sırasında ne büyümüş ne de küçülmüşlerdi ve bu da demektir ki uzay yüzde 1'lik sapmayla düzdür. Düzlük, evrenin birbiriyle alakasız görünen iki bileşeni olan madde yoğunluğu ile karanlık enerji yoğunluğunun belli bir bileşiminden kaynaklanmaktadır. Büyük patlamadan hemen sonra uzay eğilip son sürat genişlerken şimdiki nihai duruma yönelik ince bir ayar yapılmış olmalıdır. Zira çok az karanlık maddeyle çok hızlı genişleme yapı oluşumuna izin vermezdi; çok fazla karanlık maddeyle de evren daha yıldız oluşumu başlamadan yeniden çökerdi. Karanlık enerji bu hassas dengede rol oynamaktadır. Geçen 5 milyar yılda karanlık enerji genişlemeye baskın geldi. Eğer hızlı ivmelenme çok daha güçlü olsaydı bütün yapı oluşumunu bastırırdı.

Varsayımsal sonuçlar makrodünyada olduğu gibi mikrodünyada da heyecan vericidir. Söz gelimi, eğer atom çekirde-

ğindeki kuarkları birbirine bağlayan güçlü kuvvet biraz daha güçlü olsaydı kuarklar protonları oluşturmazdı ve yüzde 5 daha zayıf olsaydı yıldızlar hidrojenden sonra ağır elementleri oluşturamazdı. Eğer zayıf kuvvet çok daha güçlü olsaydı büyük patlama demire kadar bütün atomları heba ederdi ve daha zayıf olsaydı yıldızlar bütün kütleyi helyuma dönüştürürdü. Daha güçlü bir kütleçekim kuvveti yıldızların sönük kırmızı cüceler olmasına yol açardı; daha zayıf bir kütleçekim kuvveti ise hızlı yanan mavi devlerin ortaya çıkmasına sebep olurdu. Her iki durumda da Güneş gibi normal ana sekans yıldızları hiç olmazdı veya nadir olurdu. Değerler veya oranların gerçekte olduğundan farklı olması halinde maddenin kararsız olacağı başka kütle ilişkileri de temel parçacıklar arasında söz konusudur.[18] Roger Penrose ölçülen değerleriyle bütün fizik sabitlerinin bileşik olasılığını 10 üssü 10 üssü 123 olarak hesaplamıştır ki neredeyse imkânsız bir durumdur bu.[19]

Bu varsayımsal evrenler fiziğin değişik yasalarına tabi olsalar da fizik açısından akla yatkındır. Öte yandan neredeyse her durumda ya madde çöküyor ya ağır elementler oluşamıyor ya yıldızlar evrilemiyor ya da evren kısa veya uzun ömürlü oluyor. Pek çok bilimadamı ve düşünür bu durumdan hareket ederek evrenin bir şekilde "inceden inceye ayarlandığını" veya doğal açıklaması olmayan rastlantılar sergilediğini öne sürmüştür. Hatta bir adım daha atarak, eğer evren birazcık değişik yapıda olsaydı hayattan mahrum çorak bir çöl olurdu görüşünü savunmuşlardır.[20] Başka bir grup bilimadamı ve düşünür de varsayılan ince ayarlamanın bir "Kozmik Tasarımcı"nın işine delalet ettiğini savunmuştur. Olayların enteresan akışı içinde fizik ve kozmoloji deist bir görüşe destek sağlamak için kullanılabilmektedir.

Bu meseleleri anlamak için kışkırtıcı bir benzetme olarak idam mangası benzetmesi kullanılmıştır. İdama mahkûm edilmişsiniz ve son derece eğitimli keskin nişancılardan olu-

şan 100 kişilik bir manganın karşısına dikilmişsiniz. Kulakları sağır eden bir yaylım ateşinden sonra ortalığı bir duman bulutu sarıyor.[21] Çok şaşırtıcı bir şekilde hayatta kalıyorsunuz. Bu sonuca nasıl tepki verirsiniz?

Açıkçası hayatta kaldığınız için şaşırmanız gerekmez, çünkü eğer ölmüş olsaydınız bu zaten hikâyenin sonu olurdu. Oysa siz *yaşıyorsunuz* ve son derece zayıf bir ihtimalle olaydan sağ kurtuldunuz. Görünüşe bakılırsa herhalde siz sırf şans eseri değil de belli bir sebepten ötürü kurtuldunuz. Sizin düşük ihtimalle hayatta kalmanız evrenin ince ayarına ve şartların olduğundan biraz farklı olması halinde hayatın imkânsızlığına benziyor. Tasarım savına göre sizin canınızın bağışlanması Tanrı'nın varlığının kanıtıdır.

Bu savlara kanalım mı yoksa sağlam ve sağlıklı bir şüpheciliği mi seçelim? Gelin şüpheci olalım. Bir keresinde Hipokrat'ın da dediği gibi: "İnsanlar sırf anlamadıkları için saranın ilahi olduğunu sanıyorlar. Fakat anlamadıkları her şeye ilahi deselerdi, ilahi şeylerin sonu olmazdı." Birçok antropik rastlantının doğal açıklamasının olması muhtemeldir; gerçi bu açıklamaların bazıları henüz yeterince sınanmamış sınır kuramlardan gelmiştir. Ayrıca bazı ince ayar örnekleri savunulduğu kadar ince değildir[22] ve ancak çok sayıda varsayımsal fiziksel gerçeklik bağlamında dikkate değerdir. En önemlisi de antropik savlar, evrende bizim dünyamızdakinden farklı yaşama elverişli koşulların ve zeki gözlemcilerin evrilip evrilmediğinin bilinmesine bağlıdır. Genel bir biyoloji kuramı olmayınca sadece tahmin yürütebiliriz. Eğer hayat başka bir yerde bizim düşündüğümüzden daha garipse, o zaman çok daha geniş yelpazeye yayılan farazi evrenler hayata yataklık edebilir ve bununla orantılı olarak şaşkınlığımız azalırdı.

Ben kuşkucuyum. Aynı zamanda minnettar. Neden? Çünkü 13,7 milyar yıl önce mikroskobik bir uzay-zaman baloncuğu bir gün beni de içine alacak şekilde evrilmeye başladı.

Çünkü doğa yokluğa değil de varlığa yer vermek üzere eğildi. Çünkü evren yıldızların meydana gelmesi için hızlı ve yeterince uzun süre genişledi. Çünkü karbon çekirdeği, kendi oluşumuna imkân tanıyan ve geride faydasız bir helyum denizi bırakmayan rezonanslara sahip. Çünkü asteroitler yeryüzüne suyu getirdi ama bereket versin yeryüzüne maymun atalarımın ortaya çıkmasından önce çarptılar. Çünkü babam can dostuyla planladıkları gibi bara gitmeyip kütüphaneye gitti ve orada uzun kahverengi saçlı ve anlamlı bakışlı narin kızın dikkatini çekti ve sonunda kaderin cilvesiyle ben dünyaya gelip bu kitabı yazdım, siz de okuyorsunuz.

***

Matematikte yanlış olan bir şeyler var. Bir artı bir sıfır eder. Sıfır da ikiye eşittir. Görünüşe bakılırsa parçacıklarla fotonların dansı doğanın cimriliğini ihlal ediyor. Her nasılsa ışıma benzer artı benzer şeklinde değil de benzer artı benzemez, benzer artı zıddı gibi işliyor; bir gölge madde formu sadece zıddıyla tanımlanıyor.

Antimadde.

Ona antimadde demek bir laf cambazlığından başka bir şey değil, çünkü antimadde deyimi bir anlam ifade etmiyor, akla mantığa sığmıyor. Ama şimdi matematik devreye giriyor. Pozitif bir sayı ile onun negatifini toplamak sıfır eder. Ve her sayı için bu geçerlidir. Nasıl ki sıfır sonsuz sayıda pozitif sayı ve onun negatifini yumurtlayabiliyorsa vakumun sonsuz olasılığı da matematikten daha gizemli değil. Sadece sıfır-toplam kuralına uyulması gerekiyor; madde ve antimadde eşit miktarda yaratılır.

Bunu düşününce, çevremdeki kaynayan evren birdenbire netameli görünüyor. Parçacıklar ve antiparçacıklar asla kalıcılık duygusu uyandırmadan gelip gidiyorlar. Her madde zerresi kötü ikizine sahip ve ikisi birleşince yok olup gama ışınına dönüşüyor. Madde ile antimaddenin aynı anda her yerde olması insanı rahatlatmıyor, çünkü gözden çabuk kayboluyorlar. Bir proton her nasılsa atom olacak kadar uzun süre var olabilirse, kötü ikizi antiatomla birleşir. Bir

atom karbon olacak kadar uzun süre var olabilirse, antikarbonla birleşir ve böylece devam eder. Nihayet madde hayatı besleyen bir yıldızın parçası olabilirse, dans devam eder ve bir anti-yıldızla karşılaşır.

Onca hadiseden sonra her nasılsa ben buradayım.

14

BİRLEŞME VE ŞİŞME

Hararet basmış. Ölçüye gelmeyen cehennem sıcağı. Koşullar hiçbir yapıya izin vermeyecek denli sert. Ezici. Yoğunluk kurşunun yoğunluğundan trilyonlarca kat büyük ama her şey hareket halinde olduğu için bir hafiflik var. Kaynayan kazan misali. Etkileşimlerin akışı muazzam. Parçacıklar ve antiparçacık ikizleri kör edici bir ışıma banyosu içinde sürekli bir belirip bir kayboluyorlar. Tam oluşmamışlar. Uzay atomaltı parçacıklar ölçeğinde eğri. Zaman oku aynı serbestlikle ileri ve geri gidiyor.

Burada sevindirici bir birlik var. Her şeyin kaynağı tek bir şey. Hem anarşi hem demokrasi. Her şey mümkün.

Manzara ansızın değişiyor. Femtosaniye (saniyenin katrilyonda biri) evrenin şimdiki yaşının yanında neyse femtosaniyenin yanında da o derece kısa bir zaman diliminde kozmik süper kuvvetteki bir anlık eğrilik ortama enerji pompalayıp muazzam bir genişleme başlatıyor. Uzay görünmez bir el tarafından açılan kırışık bir yaprak gibi dışa doğru düz ve düzgün yayılıyor. Görüş alanındaki neredeyse her şey yok oluyor. Uzayda kalanlar ve defolar dört bir yana dağılıyor. Keşmekeş saf bir boşluğa dönüşüyor. Ne var ki gündelik hayatta gözlemlenemeyen anlık kuantum dalgalanmaları uzay-zamanla birlikte şişiyor.

Derken vakumdan ödünç alınan enerji iade ediliyor. Bebek evren enerji, madde ve antimaddeyle doluyor. Genişleme daha sakin bir tempoda devam ediyor. Kuantum dalgalanmaları sıcaklıkta zar zor

seçilebilen dalgacıklar olarak güç algılanıyor. Ama onlar galaksileri oluşturacak tohumlar, incileri oluşturacak kum taneleri. Bir gün bu uzay benim çok sevdiğim galaksinin de içinde olduğu 100 milyar galaksiyi barındıracak.

BÜYÜK PATLAMANIN ÖTESİ

Evrenin 13,7 milyar yıllık varoluşunu kuşatan bir teorimiz var. Sınanıp doğrulandı ve ışıma ve maddeyle dolu küçük sıcak ve yoğun bir evrenin bugün gözlemlediğimiz dağınık madde yığınları ve zayıf ışımayı içeren engin uzay-zamana nasıl dönüştüğünü ikna edici ölçüde açıklıyor.

Kozmologlar mutlu olmalı. Ama tatmin olmuşa benzemiyorlar. Doğrusu onların fıtratında mutlu olmak yok. Başarılı bir kuramı kırılma noktasının ötesine zorluyorlar daima. Richard Feynman'ın dediği gibi: "Yanıldığımızı olabildiğince çabuk kanıtlamaya çalışıyoruz, çünkü ancak bu yolla ilerleme kaydedebiliyoruz." Ayrıca kozmologlar düşüncelerin yol açtığı varoluşsal sıkıntıdan uzak değiller. Nitekim bunu fizikçi Steven Weinberg şu can sıkıcı sözüyle dile getirmektedir: "Evreni anlama çabası insan yaşamını kaba komedinin birazcık üstüne çıkarıp bir parça trajedi tadı katan çok ender şeylerden biridir."[1] Steven, dostum rahatla biraz.

İşte size büyük patlama kuramının bazı sorunları ve sınırları: Evrenin neden düz olduğunu açıklamıyor. Başlangıç halinde kütleçekimi çok güçlü olduğu için uzay önemli ölçüde eğilmiş olabilir. Düz uzay evrenin büyük patlamadan bunca zaman sonra neredeyse düz olmasını sağlayacak şekilde ilk koşullara ince ayar yapıldığını ima eder. Düzlük problemi işte budur.

Evrenin neden pürüzsüz olduğunu açıklamıyor. Uzayın zıt uçlarındaki mikrodalgalar neredeyse aynı sıcaklığa sahip. Bu ancak söz konusu bölgeler ısısal temas halinde idiyseler fiziksel olarak mümkün olabilir. Ne var ki mikrodalgaların

yayıldığı zamanda uzayın zıt uçlarındaki bölgeler ışık hızının 50 katı hızla birbirinden ayrılıyordu ve her ikisi de diğerinin ufkunun ötesindeydi. Eğer bu bölgeler başlangıçta farklı sıcaklıklara sahip idiyseler daha sonra aynı sıcaklığa ulaşmaları mümkün değildir.[2] Bu da pürüzsüzlük problemidir.

Evrenin neden pütürlü olduğunu açıklamıyor. Daha önce de gördüğümüz gibi, büyük patlamadan kalan ışıma 100.000'de 1 oranında sapmalara sahip ve bu sapmalar yıldız ve galaksi oluşumu için tohum işlevi görmüştür. Şayet bu tohumlar çok daha küçük olsaydı evren pürüzsüz olarak kalırdı ve biz var olamazdık. Şayet çok daha büyük olsalardı evren daha baştan katılaşıp yoğun yapılara dönüşürdü. Büyük patlama modeli bu ince ayarın açıklamasını sunmuyor. Lapa çorba kadar sulu değil ama sindirilemeyecek kadar katı da değil. Makul bir yapısı var. Ama bu sevindirici sonucun açıklaması yok. Yapı problemi de budur.

Evrendeki esrarengiz parçacıkların yokluğunu açıklamıyor. Doğa kuvvetlerini birleştiren kuramlar, erken evrenin çok yüksek sıcaklıklarında, çok sayıda esrarengiz ve büyük parçacığın, özellikle tekkutuplar denilen manyetik alan düğümlerinin var olması gerektiğini öngörüyor. Fakat evrende böyle varlıklar yok; söz gelimi, tekkutuplar şimdiye değin bir laboratuvarda veya hızlandırıcıda saptanabilmiş değil.[3] Bu da kalıntı problemidir.

Evrenin neden genişlediğini açıklamıyor. Uzak galaksiler kızıla kaymış haldeler. 100 milyar galaksideki normal madde ve karanlık maddenin uzay-zamanın genişlemesine karşı koymak üzere uyguladığı kütleçekimine rağmen, bilinmeyen bir kuvvet görünür evreni 92 milyar ışık yılı genişliğine ulaştırmıştır. Büyük patlama bu konuda sessiz kalıyor. Şayet söz konusu teori bu genişlemeyi ilk ilkelerden yola çıkarak açıklayabilseydi hoş olurdu.

Eğer ressamsanız, düz ve pürüzsüz olan bir tuvaliniz varsa, doğru miktarda malzemeyle başlayıp önceki sanat

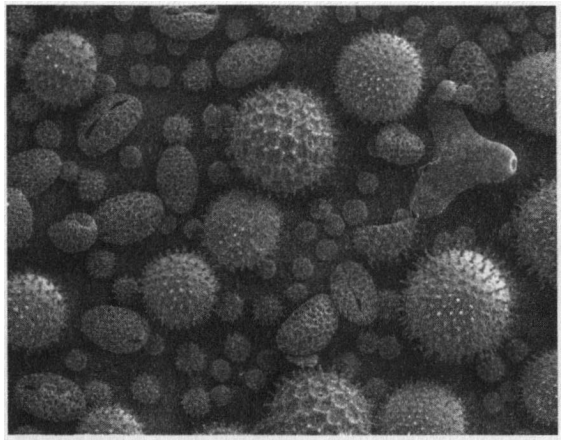
ekollerinden etkilenmeden kendi sanatsal vizyonunuzu oluşturmuşsanız ve resim yapma zamanınızı düzenli olarak genişletmişseniz, bu durumda şikâyet etmezsiniz. Bir natürmort resim gibi dingin olursunuz. Dünkü fırtınanın izlerinin geride kaldığı, düzenli esen rüzgârda çalkantısız düz bir denize açılmışsanız ve yelkenleriniz dolup şişiyorsa mırın kırın etmezsiniz. Bir midye kadar sakin olursunuz. Kozmologlar ressamlar ve denizcilerden çok daha mızmızdırlar.

Daha önce belirttiğimiz gibi, büyük patlama aynı zamanda evrenin neden çokça ışımaya ve azıcık maddeye sahip olduğunu ve görünürde hiç antimadde taşımadığını da açıklamıyor. Bu durumda büyük patlamaya dair esaslı ve karşı konulmaz sorular gündeme geliyor. Büyük patlama niçin gerçekleşti? Ondan önce ne vardı? Biricik bir olay mıydı? MIT profesörü Alan Guth şu yorumda bulunuyor: "Büyük patlama kuramı neyin patladığını, niçin patladığını ve patlamadan önce ne olduğunu söylemiyor."[4]

SİMETRİ

Daha iyi bir büyük patlama modeline kavuşmak için zamanda geriye doğru yol almalıyız. Kenarında "Galaksi" ve "Yıldız" gibi tabelalar bulunan sağlam bir asfalt yol bizi "Ayrışma" ve "Nükleosentez" tabelalarını gördüğümüz toprak bir patikaya çıkarıyor ve oradan da "Parçacık Çorbası" denilen yabani bir araziye varıyoruz. Kozmoloji bilgilerimizin sınırı ile fizik bilgilerimizin sınırı aynı yer. Belirsizlik mikrokozmosu da makrokozmosu da idare ediyor.

Bizim aynı zamanda hem uzay ve zamanın doğumu hem de maddenin en temel hali için bir pusulamızın, bir kılavuz ilkemizin olması gerek. Bu ilke simetridir.[5] Simetri sanattır ve müzik kulağa hoş gelen ahenkli bir tasarımın veya düzenin derecesini ifade eder. Bu tür estetik duyum genellikle matematikte kök salmıştır. Sözgelimi altın oran, iki niceliğin topla-



Şekil 14.1. Yüksek çözünürlükte görünmekte olan çeşitli bitkilerden alınan polen taneleri doğadaki simetriye örnek teşkil ediyor. Resmin genişliği 0,3 milimetre. Genel yapı küresel, iki yanlı ve üç katlı simetrilere sahipken, ayrıntılarda beş katlı ve daha yüksek simetriler gözükmektedir. Doğal dünya tek bir matematiksel ifadeye sahip olan çok çeşitli simetrileri bünyesinde barındırır.

mının büyük olanına oranının, büyük niceliğin küçük olanına oranına eşit olmasıdır. Altın orana dayalı orantılar Batı sanatında, müziğinde ve mimarisinde ve doğal dünyada yaygındır (Şekil 14.1). Geometride simetri şekillerin değişmelerine rağmen nasıl yine aynı görüneceklerini tanımlar. Yunanlar daireler ve küreleri en kusursuz ve simetrik şekiller olduğu için kozmolojilerinin temeli saymışlardır. Matematiğin soyut formu içinde simetri bir biçimsellik tasarrufuyla ilgilidir ve genel bir denklem çok sayıda spesifik durumu ifade eder.

Fizik kuramlarında simetri bütün bu özellikleri taşır.[6] Bilim doğadaki temel birlik ilkesinden büyük ölçüde faydalanmıştır ve bu birlik gündelik hayatta kusurlu gerçekleşebilir veya gizlenebilir. Simetri ne denli önemlidir? Nobel Ödüllü fizikçi Richard Feynman'dan modern bilimi bir cümleyle özetlemesi istenildiğinde şöyle karşılık vermiştir: "Evren atomlardan

oluşmuştur." İkinci bir cümle eklemesine izin verildiğindeyse, "Doğa yasalarının temelinde simetri yatar" demiştir.[7]

Elektromanyetizma en iyi tarihi örnektir. Newton'dan sonraki 200 yıl içinde bilimadamları ışıkla deneyler yaptılar ve onların aynı olgunun tezahürleri olduğunu fark etmeden kısa ve uzun dalga boylarındaki ışımanın görünmez formlarını keşfettiler. Elektrik ve manyetizmanın farklı şeyler olduğu sanılıyordu, ama Michael Faraday hareket eden bir yükün metali manyetize ettiğini ve hareket eden bir mıknatısın elektrik akımı yarattığını buldu. Değişen elektrik ve değişen manyetizma her nasılda birbiriyle ilişkiliydi. Daha sonra James Clerk Maxwell bu iki olguyu dört denklemli zarif bir küme içinde birleştirmek gibi müthiş bir adım attı. Maxwell denklemleri değişen elektrikle manyetizma arasındaki ilişkiyi açıklamakla kalmaz, iki olgudan birinde veya öbüründe gerçekleşen değişimlerin saniyede 300.000 kilometre hızla giden elektromanyetik bir dalga yarattığını da söyler. Güneş ışığı, bir radyo sinyali ve doktorların ofisindeki X-ışınları, bunların hepsi temelde aynıdır.

Biz diğer iki simetri biçimini de gördük. Einstein'ın büyük denklemi $E = mc^2$ kütle ve enerjinin birbirine dönüşebileceğini ve temel nicelik olan kütle-enerjinin farklı tezahürleri olduğunu söyler. Dirac bir parçacığın davranışına iki kuantum çözümü sundu ve ifadelerdeki simetriye olan güveni antimaddeyi tahmin etmesini sağladı. Yüksek enerjili fizik tepkimeleri aynı kolaylıkla madde ve antimadde üretir. Ne var ki kuantum kuramının ilk günlerine ait başka bir örnekte, Louis de Broglie, elektronların dalga gibi davranabileceğini ve dalgaların da parçacık gibi davranabileceğini ve bunların arasındaki ayrımın yapay olduğunu saptadı. Bu dalga-parçacık ikiliği fizikçilerin bile kafasını karıştırdı ama görünüşe bakılırsa doğal dünya böyle işliyordu. Parçacıkların kırmızı çizgileri yoktur ve davranışlarını kesinlik değil olasılık belirler. Fizikteki simetri farklı olguların temel bir kavramla ilişkilendirilebilmesi fikriyle bağlantılıdır.

Heyecana kapılmadan önce (tamam, kabul ediyorum, simetriyi yüksek sesle dillendiren benim; Orada Mr. Spock gibi kuşkuyla kaşlarınızı çatıp oturuyor olabilirsiniz), simetri kavramına eleştirel yaklaşalım. İnsanların ve hayvanların cinsel eşlerini seçerken simetriye güçlü bir eğilim gösterdikleri yıllardır biliniyor.[8] İki yanlı simetri güç ve sağlıkla ilintilidir, dolayısıyla en iyi genleri taşıyan eşi seçmek akılcıdır. Bir araştırma kadınların, romantik bağlanmanın gücü ve erkeğin cinsel deneyiminin seviyesi ne olursa olsun, çok simetrik erkeklerle daha fazla orgazm yaşadığını ortaya koymuştur. Astrofizikçi Mario Livio, simetriye biyolojik yatkınlığımızın doğal dünyaya dair algımızı ve kuramlarımızı yönlendirdiğini söyler. Livio şunları yazar: "Simetri en temel şey olduğu için değil de beynimiz simetriyi yakalamaya fevkalade ayarlı olduğu için ve evrenin simetrik parçasını kavramaktan hoşlandığı için doğa yasalarını keşfetmek amacıyla kullandığımız araçlar ve teorilerin kendileri simetriye sahip olamaz mı?"[9] Güzel bir yüze tutulduğumuzu unutmadan tartışmamıza devam edelim.

Büyük patlamada ne tür bir simetri veya gizli birlik arayabiliriz? Öteden beri fizikçiler doğanın dört kuvvetini birleştirme amacını gütmüşlerdir. Gündelik dünyada bu kuvvetlerin en güçlüsü en zayıfından 10^{40} kat daha büyüktür. İkisi sonsuz bir erime sahiptir ve kütlesiz parçacıklar tarafından taşınır. Diğer ikisi atom çekirdeğinin içinde faaliyet gösterir ve masif parçacıklar tarafından taşınır. Dört kuvvet deneylerdeki tezahürleri açısından birbirlerinden tamamen farklıdırlar. Yalnızca dikkatsiz bir fizik öğrencisi onları karıştırabilir. Parçacık fiziğinin çok yönlü ama yetersiz Standart Model'i 19 parametreye sahiptir ve bu parametreler arasındaki ilişkiyi açıklamaz. Fizikçiler bu kuramı daha iyisiyle değiştirmek istiyorlar.

Standart Model neden dört kuvvetin olduğunu açıklamıyor, ama ileriye dönük verimli bir yol gösteriyor. Yetmişli ve seksenli yıllarda CERN'de yapılan deneyler elektromanyetik ve zayıf nükleer kuvvetleri birleştiren bir kuramı doğrulaya-

rak 1979'da yapılan bu çalışmaya fizik dalında Nobel Ödülü kazandırdı. Oturma odanızda elektromanyetizma zayıf nükleer kuvvetten 100 milyar kez daha güçlüdür, dolayısıyla bu iki kuvvetin aynı şey olduğunu savunmak çok cesur bir hamleydi. Elektromanyetizma her yere yetişen ve beklenilenden daha başarılı kardeşiniz gibidir; her konuda becerikli, herkesle iletişim kuran ve sınırsız yetilere sahip görünen biri. Zayıf nükleer kuvvet ise toplumdan uzak, biraz gizemli, içe (atom çekirdeğine) dönük ve sadece bir tane parti numarası (radyoaktiviteyle çekirdek bozunması) yapabilen amcanız gibidir.

Anlık sıcaklığın 10^{15} K veya 1000 trilyon dereceye çıkabildiği bir parçacık hızlandırıcısında zayıf nükleer kuvvet ile elektromanyetik kuvvet birleşir ve bu birleşik kuvveti taşıyan yeni parçacıklar saf enerjiden üretilebilir. Evrende bu iki kuvvet büyük patlamadan saniyenin on trilyonda biri (10^{-11}) kadar bir süre sonra birbirlerinden ayrılmışlardır. Bu süre fiziğin test edilmiş kuramlarının sınırına karşılık gelir.

Bu başarıdan güç alan fizikçiler doğal olarak daha da yüksek sıcaklıkların "elektrozayıf" kuvvet ile güçlü nükleer kuvveti birleştirebileceği kanısına vardılar. Güçlü nükleer kuvvet elektromanyetik kuvvetten "sadece" 100 kez daha güçlü olduğundan üçünü birleştirmenin epey kolay olacağını düşünebilirsiniz. Ne yazık ki öyle değil, çünkü atom çekirdeği içinde kuarkları birbirine bağlayan kuvvet olağanüstü güçlüdür ve protondan daha küçük bir menzile sahiptir. Şimdiye kadar kullandığımız ev benzetmesine dönecek olursak güçlü kuvvet, evinin bodrumundaki bir laboratuvarda Japon yapıştırıcısı üzerinde çalışan ve hiç gün ışığına çıkmayan tekinsiz bir kuzene benzer. Titiz hesaplamalar "büyük birleşik kuramların" elektromanyetizma, zayıf kuvvet ve güçlü kuvveti birleştirebilmesi için mevcut hızlandırıcıların sınırı olan 10^{27} dereceden trilyonlarca kat büyük sıcaklıklara ulaşmak gerekiyor.[10] Evrende bu koşullar büyük patlamadan 10^{-35} saniye sonrası gibi afallatıcı ölçüde kısa bir süre içinde gerçekleşmiştir. Bir ziyafette etkileyici bir şey söylemek isterseniz bu süre-

nin bir saniyenin 100 milyar çarpı trilyon çarpı trilyonda 1'i olduğunu söyleyebilirsiniz. Evrenin yaşı ile saniyenin milyarda biri arasındaki orantı, saniyenin milyarda biri ile önceki cümlede belirttiğimiz süre arasındaki orantıyla aynıdır.

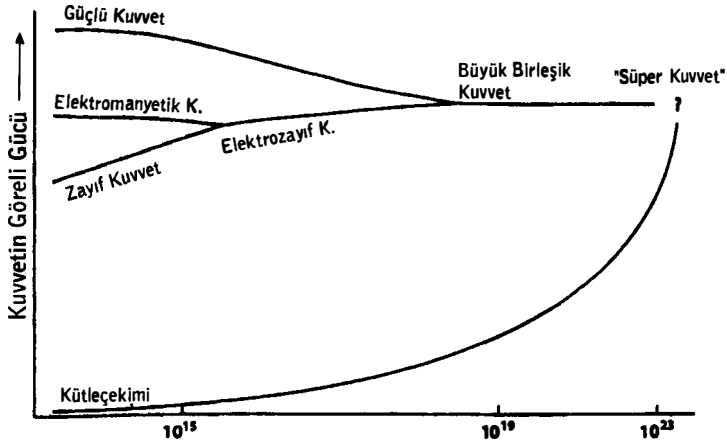
Yüksek enerji veya sıcaklık ile simetri arasındaki bağlantıyı bir çift basit örnekle anlayabiliriz. Su erirken, buz kristallerindeki su moleküllerinin belli konumları, her bir su molekülünün herhangi bir konuma gelebileceği bir duruma dönüşür. Sonuç daha fazla simetridir; katı halde her bir nokta diğer noktalara benzemezken, sıvıda benzer. Diğer bir örnek de demir mıknatıstır. Oda sıcaklığında mıknatıstaki atomların hepsi kabaca aynı yöne bakar ama mıknatıs ısıtıldığında atomlar her yöne dönebilirler. Artan sıcaklık yine yüksek düzeyde bir simetri yaratıyor.

Erken evren için de aynı şey geçerliydi. Büyük patlamadan hemen sonra evrenin kaynayan kazanında bilinen bütün kuvvetleri birleştiren bir "süper kuvvetin" olduğu düşünülmektedir. Isı düşerken kuvvetler tek tek "donarak" bilindik ayrı güçlerine kavuştu. Parlak bir an için bariz olan birlik sonsuza dek kayboldu (Şekil 14.2). İlk önce kütleçekimi hariç diğer bütün kuvvetlerin birleşik olduğu anda ne olmuş olabileceğine bakmak için süper kuvveti sonraya bırakacağız.

Büyük birleşik kuramlar ufukta beliren ama ulaşmak için zorlu bir yolculuğa katlanmanız gereken parıltılı Oz binalarına benziyor. Ne öngörüyorlar ve nasıl test edilebilirler?

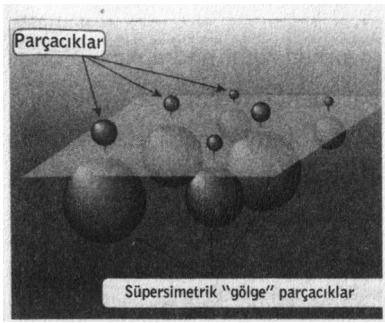
Bir büyük birleşik kuram, tekerlerini tekmeleyebileceğiniz, boyasını kontrol edebileceğiniz ve arazinin dışında sürebileceğiniz sağlam bir arabaya benzemez. Bir dizi farklılık var ve söz konusu kuram daha çok albenili ikinci el arabaların bir koleksiyonunu andırıyor. Çokça krom sarısı barındıranlar cafcaflı ve çekici gelebilir ama kaportanın altına bakmakta fayda var; bir teoriden bekleyeceğiniz son şey sizi birkaç sokak götürdükten sonra bozulmasıdır.

Çoğu büyük birleşik kuramın iki genel tahmini tekkutuplar ve proton bozunması gibi kalıntılardır.[11] Aman aman!



Şekil 14.2. Doğanın dört farklı kuvveti çok yüsek sıcaklıklarda birleştirilebilir. Parçacık hızlandırıcılarda elektrozayıf kuvvet birleşimi anlık da olsa yaratıldı, ama daha yüksek düzeyde birleşime (prensipte) sadece kozmolojik gözlemlerle ulaşılabilir. Büyük birleşik kuramlar şu an test edilmiş değil ve kütleçekimini diğer üç kuvvetle birleştiren teoriler daha da spekülatiftir.

İkisi de gözlemlenmiş değil. Paul Dirac 1931'de tek manyetik yüklerin veya tekkutupların var olduğunu öne sürmüştü ve onların saptanamaması gerek büyük patlama gerekse fizik kuramları için bir sorun teşkil etmektedir. Büyük birleşik kuramlar kuark gibi ağır parçacıklar ile elektron gibi hafif parçacıklar arasında bağlantılar kurar. Bu da demektir ki bir proton bozunup daha hafif ürünler verebilir. Normal madde kararlı olmayabilir! Öte yandan şimdiye değin bir protonun bozunduğu gözlemlenmemiştir ve birini iş üstünde yakalamaya çalışmak fevkalade iç bayıltıcıdır. Şimdiki ortalama ömür sınırımız 10^{34}'tür. Fizikçiler bu kadar uzun süre bir protonu gözlemlemek yerine çok sayıda protonu yıllardır dikkatle gözlemliyorlar. Ortalama ömür sınırı zaten büyük birleşik modelin çeşitli versiyonlarını geçersiz kılmıştır.



Şekil 14.3. Büyük birleşik kuramlar her temel madde parçacığı için bir "gölge" kuvvet taşıyıcı parçacık ve her kuvvet taşıyıcı için de bir "gölge" madde parçacığı öngörür. Bu süper simetrik eşlerin çok büyük olduğu ve muhtemelen mevcut hızlandırıcılar nesliyle saptanamayacağı düşünülmektedir.

İyi haberler de var. Büyük birleşik kuramlar nötrinoların kütle edinmesi için bir mekanizma sunuyor. Bir protonun bozunması kütlenin yok olması için bir temel teşkil ediyor ve dolayısıyla madde ile antimadde arasındaki asimetriyi açıklama potansiyeli taşıyor. Birkaç yıldır dikkatler süper simetri teorileri denilen bir grup birleşik teoriye çevrilmiş durumda. Bir süper simetri teorisinde kuvvetler ile parçacıklar arasındaki ayrım ortadan kalkar. Teori her parçacığa bir süper simetrik eş tahsis eder. Elektron için selektron vardır. Her nötrino cinsi için bir snötrino vardır ve keza her kuark türü için bir skuark vardır. Şayet bu esrarengiz varlıklardan yeterince toplayabilirseniz skişi bile yapabilirsiniz. Söz konusu teori aynı zamanda temel kuvvetleri taşıyan bütün parçacıklar için süper simetrik eşler öngörmektedir. Söz gelimi foton için fotino, gluyon için gluyono. Varsayımsal Higgs parçacığı ve graviton için de daha da farazi Higgsino ve gravitino (Şekil 14.3).[12]

Ve güzel bir sürpriz. Bilinen parçacıkların süper simetrik eşlerinin çok büyük olduğu tahmin ediliyor, ama en hafifle-

rinin kararlı halde normal maddeyle zayıf etkileşim kurduğu ve mevcut hızlandırıcıların eriminin ötesinde bir kütleye sahip olduğu sanılmaktadır. Bu da ona karanlık maddenin açıklanabilmesi için uygun özellikler vermektedir. Kozmolojideki büyük bilmecelerden biri, büyük patlamadan 10^{-35} saniye sonra üç temel kuvvetin birleşmesinden kalan parçacıklar formunda çözülebilir.

Eğer tam şu an bir kuşku dalgası hissediyorsanız sizi suçlayamam. Ama gelin, fizikçilerin yaptığı garip yolculuğa göz atalım. Parçacıklar ve onların etkileşimlerine dair Standart Model'deki eksiklikleri fark eden fizikçiler, doğanın oldukça farklı üç kuvvetinin aslında herhangi bir hızlandırıcının ulaşabileceğinden trilyonlarca kat büyük enerjilerde tam olarak gerçekleşen büyük birleşik bir kuvvetin cansız tezahürleri olduğu fikrine kapıldılar. Kuramın genel olarak öngördüğü kalıntılar ve proton bozunması şimdiye değin gözlemlenmemiştir. Dahası parçacık sayısı ikiye katlanmış ve yeni parçacıkların hiçbiri bulunmamıştır. Yine de kuramcılar pes etmediler ve simetri ve matematiksel güzelliğin cazibesine kapılıp bütün parçacık ailelerini açıklama amacını gütmeye devam ettiler. Bu yeni kuramlar evrende neden antimaddeden çok daha fazla madde olduğunu ve normal maddeden daha fazla karanlık madde bulunduğunu açıklayabilir.

Londra'da fizik öğrencisiyken en soyut biçimiyle güzelliğe ilgi duymaya başlamıştım. 1975 yılında bütün bilimlerin anası olduğu yönündeki inandırıcı iddiası, kesinliği ve saf güzelliği dolayısıyla üniversitede fiziğe âşık olmuştum. Ama ikinci yılında ilişkim yıpranmaya başladı. Dersler beni yere sermiş, ödevler canımdan bezdirmişti. Hiçbir şey kolay gitmiyordu. Bilhassa dayanılmaz olan bir öğle sonrası, laboratuvarda yüklü metal levhaların çevresindeki elektrik alanlarının ölçümünden Gauss Yasası'nı çıkarsamaya iki saatimi harcamıştım. Fizik ders kitabım temel parçacıklardan tüm evrene kadar uzanan bütün ölçeklerde kuvvetleri güzelce ifade eden,

simetriye dayalı bir biçimciliği Gauss'un geliştirdiğini söylüyordu. Fakat laboratuvarın sıradan ortamında hiçbir şey yolunda gitmiyordu ve kibirli hocam kötü deney yöntemimden dolayı bana fırça çekti.

Fizik binasının üst katında, astrofizik öğrencilerinin takıldığı, benimse sığınağım olan salona kaçtım. Astronomi üzerine kıdemli bir proje yapmayı umuyordum. Sık sık bu salona uğrar oldum. Doktora sonrası çalışmalar yürüten biriyle birlikte birkaç öğrenci kahve fincanları ve dergilerin keşmekeşi arasında sohbet ediyorlardı. Salonun kuzeye, Albert Hall ve Kensington Bahçeleri'ne bakan güzel bir manzarası vardı; üniversitem Londra'nın ortasındaydı.

Kıdemli profesörlerden biri olan Jim Ring içerip girip, doktora yolunda tökezlemiş mezun bir öğrenci hakkında uluorta konuşmaya başlayınca önceki sohbet kesildi. Ring konuşurken bile sigarasını ağzından uzaklaştırma zahmetine girmeyen bir sigara tiryakisiydi. Zeki biri ama gayret göstermiyor dedi. Kaşlarını çattı ve bize kötü kötü baktı, vermek istediği mesajı anladığımızdan emin olmak ister gibiydi. Kafasını sallayarak mekândan ayrıldı. Bahsettiği mezun öğrencinin kim olduğunu salondakilere sordum. "Brian May" dediler. Nedense bu isim bana hiç yabancı gelmemişti.

Günün son dersi olan matematiksel fiziğe gittim. Hocası Gaspar idi. Bunun onun ilk ismi mi yoksa soy ismi mi olduğunu hiç bilmiyorduk. Öğrenciler ve sekreterler de dahil olmak üzere herkes ona Gaspar diyordu. Batı Avrupa kökenliydi ve çok göz korkutucuydu. Gaspar tam bir matematikçiydi ve matematiğin fizik kuramlarında nasıl kullanıldığını bize anlatmakla vazifeli olsa da bizi saf matematiğin dünyasında birçok tura çıkarmıştı. Bizim için sarf ettiği bu çabanın beyhude olduğunu ve boşuna nefes tükettiğini düşündüğü gün gibi ortadaydı. Küçük derslikte biz altı öğrenci oturuyorduk, Gaspar da karatahtaya kargacık burgacık bir şeyler yazıyordu. Kahverengi gözlerinden fırlayan delici bakışları, alnından

yukarı fırlayan taranmamış saçları ve çenesinden aşağı sarkan küçük keçi sakalıyla ilginç bir görüntü veriyordu.

O gün çenesi açılmıştı. Matematiği gerçek dünyayla ilişkilendirmeye dönük her çabayı boşa çıkararak Euler özdeşliğinden bahsetmeye başladı. Yanıltıcı şekilde basit görünen $e^{i\pi} + 1 = 0$ eşitliği matematiksel güzelliğin mihenk taşıdır. 0 ve 1 özdeşlikleriyle toplama, çıkarma ve üs alma gibi üç matematik işlemini, en önemli iki sabit olan e ve π sayısını ve sanal sayıların evrenine kapı aralayan sembol olan i'yi birleştirir. Bu denklem yüksek oktanlı bir yakıt, matematiğin iyice damıtılmış halidir. Hiç birimiz bu denklemin ne işe yaradığını sormaya cesaret edemedik.

Derken Gaspar bizi şaşırttı. Gerçek ve sanal kısımlardan oluşan karmaşık sayıların matematiğin en verimli alanlarından biri olduğunu bize hatırlattı. Kuantum kuramının ilk günlerinde Dirac bir elektron için dalga denklemini çözmüş pozitif bir sayı yerine negatif bir sayının karekökünü içeren ikinci bir çözümü bulmuştu. Birini diğerine tercih etmek için bir gerekçe görmeyince maddenin ayna formunu öne sürdü. Gaspar denklemlerdeki simetrinin antimaddenin var olduğu yönündeki tahmine nasıl yol açtığını anlatırken gözleri parlıyor, gırtlaktan gelen sesi rahatsız edici bir hal alıyordu. Gözlerimizi ona çevirmiş, kulak tırmalayıcı seri konuşmasını dinlemeye çalışıyorduk.

Ders bitmişti ama kimsenin yerinden kalktığı yoktu, herkes öylece oturmaya devam ediyordu. Gaspar bunu iyice düşünün dedi. Tahtaya şunu yazdı: $Z_{n+1} = Z_n^2 + C$. Her Z sayısı önceki versiyonun karesi alınıp bir sabit eklenerek elde ediliyordu. C sabiti gerçek ve sanal kısımlardan oluşan karmaşık bir sayıdır. Fizik derslerinde yapmamız gereken şeylerle kıyaslandığında bu çok basit bir denklem olarak kalıyordu. Tekrarlayan bu işlemle sonsuz bir karmaşık sayılar kümesi elde edilebilir diye açıkladı Gaspar. Masasındaki monitöre yaklaştı ve kısa bir süre komut satırına bir şeyler

yazdı, sonra da kenarda beklemeye koyuldu. Eski moda yeşil ekranda sarmallar ve halkalardan oluşan görüntüler belirdi. Boşluk tuşuna her basışında şekiller değişiyordu. Bir noktayı yakın plana alıp işleme devam ettikçe oradan yeni spiraller ve tüysü şekiller büyüyordu. Böylece giderek artan sayıda farklı farklı şekiller oluşuyordu. Bunu *sonsuza dek* yapabilirim dedi. Denklem sonsuz derece zengin bir dünya içeriyordu. Ve adına fraktal deniyordu. Anlaşılması zor aksanına rağmen hocanın açıklamalarını dinliyorduk ama hikâyeyi asıl anlatan sonsuz karmaşık şekiller silsilesiydi. Hepimiz adeta büyülenmiştik.

O akşam arkadaşlarımla birlikte Hammersmith Odeon'daki bir konsere gittik. Gelecek vaat eden *Queen* grubu sahne alacaktı. İlk albümlerinden iki yıl sonra fırtınalar koparan *A Night at the Opera* albümünü çıkarmışlardı. Baş gitarist Brian May idi.[13] Gümbür gümbür çalıp kalbimi yerinden oynatan müziği dinlerken zihnim sayılar ve evrenin olasılıklar deryasında yüzüyordu.

ŞİŞME BELİRTİLERİ

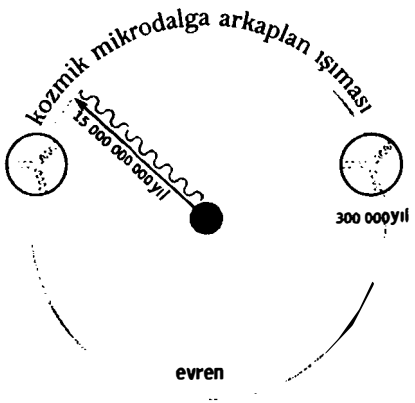
Alan Guth gece geç vakitlere kadar çalışırken aklına çığır açıcı bir fikir geldi. Defter sayfasının üstüne "Harikulade Olay" diye yazıp yatağına gittiğinde beyninde hâlâ şimşekler çakıyordu.[14] 1979 yılıydı ve Stanford'da doktora sonrası çalışmalar yürüten genç fizikçi genişleyen evrenden tekkutupları çıkarma fikriyle meşguldü. Ne de olsa tekkutuplar büyük patlama fiziğinin bir tahminiydi ama hiçbir zaman gözlemlenmemişti.

Guth ileride ne yapacağı konusunda kararsız bir halde ortalıkta dolaşıyordu ama bir şeyleri bulduğunu kestirebilecek kadar da kozmolojiye aşinaydı. Uzay boşluğunda kuantum enerjisinin büyük patlamadan hemen sonraki an evreni üstel olarak genişletmiş olabileceğini biliyordu. Bu da demektir

ki zamanın her minicik artışında uzay iki katına ve derken tekrar iki katına çıkabilirdi. Böylece evren balon gibi şişerek muazzam bir genişleme kaydetmiş olabilirdi. Eğer genişleme çok hızlı gerçekleşmişse, başta ortaya çıkan bütün tekkutuplar –veya uzay-zamandaki arızalar– büyük ölçüde ortadan kalkarak bizim görebildiğimiz evrende onları gözlemlememizi olanaksız kılmıştır.

Guth'un "şişme" dediği bu kuram aynı zamanda büyük patlamanın düzlük ve pürüzsüzlükle ilgili iki zorlu problemini de çözmüştür. Erken evrenden kalan mikrodalgalar, ışımanın çok homojen ve uzayın eğriliğinin de saptanamaz olduğunu göstermektedir. Şişmeden önceki evreni bir balonun bükülmüş yüzeyi olarak düşünebilirsiniz. Bu iki boyutlu bir benzetmedir; bizim evrenimiz üç boyutta büküldü. Çok erken bir bakış balonun eğriliğini saptar ama balon şişip de muazzam bir büyüklüğe ulaştığında esasen düz bir şey görürüz, tıpkı çok küçük bir parçasını gördüğümüz için çok büyük Dünya'nın bize düz görünmesi gibi. Standart büyük patlamada mikrodalga ışımanın düzlüğü gizemini korumaktadır, çünkü ışıma yayıldığı sırada uzaydaki farklı yönler ışık hızından kat kat büyük hızlarda ayrışıyordu. Şişme modelinde şişmeden önce bu bölgeler birbirine yakındı ve aynı sıcaklıktaydı ve sonra şişmeyle birlikte aralarında muazzam mesafeler oluştu (Şekil 14.4).

Viktorya döneminde yaşamış gezgin yazar Alexander Kingslake bütün kiliselerin kapısına "Doğruysa önemli" diye yazılması gerektiğini söylemişti. Aynı söz şişme bahsi için de söylenebilir. Eğer doğruysa, esrarengiz yapısı olan oldukça eğri ve ilginç hatlara sahip engin bir uzay-zamanın düz ve düzgün bir parçasında yaşıyoruz. Şişmiş fiziksel evren –yani var olan her şey– görünür evrenden –yani gözlemleyebildiğimiz her şeyden– kat be kat büyüktür. Dolayısıyla uzay-zamanın tamamı 46 milyar ışık yılı genişliğinden çok daha büyük olup bizim ufkumuzun sınırına uzanır.



Şekil 14.4 Şişmenin evrenin varoluşunun ilk saniyesinin kısacık bir diliminde gerçekleştiği sanılmaktadır. Eğilmiş küçük evrenin üstel genişlemesi, geride, küçük bir balonun şişerek kocaman büyüklüğe ulaşması gibi, neredeyse tamamen düz bir uzay bıraktı. Uzaydaki her yönden aynı mikrodalga sinyallerini alıyoruz ve çok farklı yönler (büyük daireler) şişmeden önce birbirine çok yakın bölgeleri temsil etmektedir.

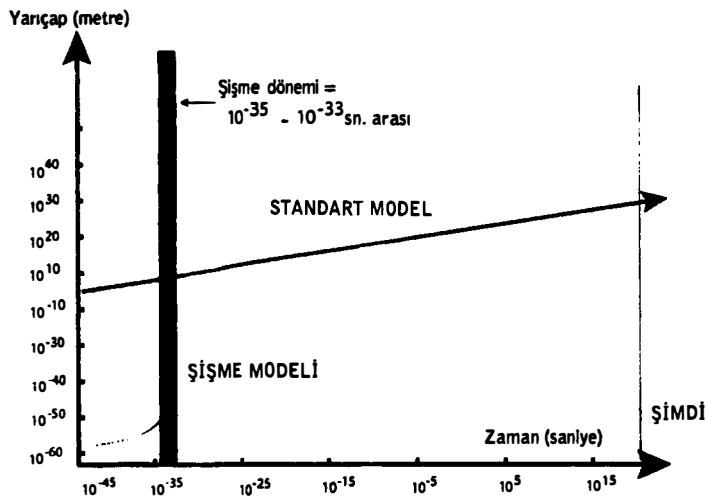
Bu harikulade olaya yol açan şey neydi? Guth bunun uzay boşluğu olduğunu düşünüyordu. Bir fizikçiye göre boşluk, bizim sandığımız gibi sırf sıkıcı bir "yokluk" demek değildir. Boşluk olasılıklarla doludur. Çok kısa bir süre için Heinsenberg'in belirsizlik ilkesi boşluktan enerjinin "ödünç alınmasına" izin verir. Bu enerji kısa bir süreliğine parçacıklar ve antiparçacıklar meydana getirip laboratuvarda gözlemlenebilen diğer fiziksel etkiler doğurabilir.[15] Kuantum kuramı mutlak surette boş uzaya minik miktarda bir enerji atfeder. Guth kaba kuramsallaştırmasıyla eğer son derece çabuk gerçekleşebildiyse çevremizdeki evrenin şişmesi için vakumdan yeterli enerjinin alınmış olabileceğini hayal etti. Buna "son bedava yemek" adını verdi.

Şişmeyi tetikleyen şey neydi? "Büyük birleşik" kuvveti güçlü nükleer kuvvete ve elektrozayıf kuvvete ayrıştıran sürecin ta kendisi. Gelin yine basit benzetmemizi kullanalım:

eriyen buz. Şişme sürecinde, evren, tıpkı 0°C altında soğuyan suyun birdenbire donması gibi, büyük çaplı bir "faz değişimi" geçirir. Buzun erimesi için ona ısı verilmelidir. Bunun tersi durumunda su donarken ısı verir ve katı haldeyken sıvı haldekinden daha az düzeyde simetriye sahiptir. Erken evrenin boşluğunda, sıcaklık büyük birleşik kuvveti parçalamaya yetecek kadar düştüğünde muazzam miktarda ısı çevreye yayıldı. Sonuçta ortaya çıkan faz geçişi evreni daha düşük düzeyde bir simetri halinde bıraktı.

Şişme büyük patlamadan 10^{-35} saniye sonra 10^{28} derecelik bir sıcaklıkta başladı. Uzayı 10^{26} kat genişletti, böylece bizim şimdi görebildiğimiz bölge bir protondan trilyonlarca kat küçükken bir portakalın büyüklüğüne ulaşmış bir bölgedir. Büyük patlamadan 10^{-32} saniye sonra şiddetli faaliyet kesildi, üstel genişleme durdu ve evren bugüne kadar süregelen sakin genişlemesini sürdürdü (Şekil 14.5). Zamanda geçmişteki büyük patlamaya doğru yolculuğumuzda öyle geriye gittik ki her şeyin kaynağının belirmesinden çok çok kısa süre sonra burnumuz yaratılışın camına çarptı.

Hiç kuşku yok ki zekice ve şaşırtıcı ama şişme gerçekten devam ediyor mu? Bir ara etmiyor gibi görünüyordu. Doğrusu bu fikri ortaya atan ilk kişi Guth değildi. Kozmolojinin birçok alanında olduğu gibi bu alanda da Ruslar öncüydü. Ne var ki fiziği kozmolojiyle birleştiren ve şimdi gezegende yüzlerce zeki insanı içine alan bir çalışmayı başlatan kişi Guth idi. Onun da kolayca kabul edeceği üzere, 1980 tarihli öncü makalesinde ortaya koyduğu şişme devam etmiyordu. Uzay-zamanın ilk baloncukları çok hızlı genişledi ve şişme çok çabuk durdu; sonuç girift ve dağınık bir evrendi. Diğer kuramcılar problemi çözdüler ama genişlemeyi başlatan vakum enerjisini "rötuşlamak" zorunda kalarak. Bu hiç kuşkusuz şişmenin uzak durması için tasarlanmış bir ince ayardı. Ayrıca şişmenin sonunda muazzam miktarda enerji ışıma olarak evrene pompalandı ve onun küçük bir kısmı yıldızlara ve galaksilere dönüştü.



Şekil 14.5. Kozmik şişme bugün gördüğümüz evreni bir protondan trilyonlarca kat küçükken bir golf topu büyüklüğüne çıkarmıştır. Üstel genişlemeden sonra daha yavaş ve neredeyse çizgisel bir genişleme devam etti. Grafik çok sıkıştırılmış bir ölçekte zamana karşı büyüklüğü göstermektedir.

Şişme gözlemle doğrulanabilir de doğrulanmayabilir de ama Alan Guth'u seçkin fizikçiler katına yükseltti. Doktora sonrasında ıskartaya çıkmaktan endişe duyarken şimdi mezun olduğu üniversite olan MIT'de fizik profesörlüğü yapmaktadır. Büyük konferanslarına akın eden kalabalık dinleyici kitlesi konferans boyunca peşinden ayrılmaz. Ofisi masalarda birikmiş ve yere doğru sarkan kâğıtlar, kutular ve ıvır zıvırla tam bir keşmekeş içindedir. Saç kesimi Beatles tarzıdır, ağırbaşlı bir gözlük takar ve John Denver'ın 1980 yılındaki hali gibi sakalsızdır. Guth inek gibi çalışan şık tiplerdendir. Bilimde büyük fikirlere ender rastlandığı için ve onun kuramı da en büyüklerden biri olduğundan haklı bir ün kazanmıştır.

Şişmenin ne kadar sürdüğü ve nasıl sona erdiği hâlâ bilinmiyor. Denenmiş ve test edilmiş bir büyük bileşik teori olmadığı ve vakum enerjisini daha iyi anlamadığımız süre-

ce ilerleme kaydetmemiz zor. Yine de şişme benzeri bir şeyin gerçekleştiğine dair güçlü işaretler var. Evrenin düz ve pürüzsüz olması bir başarı sayılmaz, çünkü zikrettiğimiz problemleri çözmek için tasarlanmış bir fikirdir bu. Ne var ki Guth'un makalesinden sonra yapılan daha iyi mikrodalga gözlemleri uzayın zarif bir şekilde düz ve pürüzsüz olduğunu göstermiştir.

Öte yandan mikrodalga arkaplan *mükemmel ölçüde* pürüzsüz değildir. Sıcaklıkta yaklaşık 100.000'de 1 oranında değişimler veya dalgalanmalar söz konusudur. Standart büyük patlama kuramında bu dalgalanmalar ilk koşullardır ve açıklanmadan bırakılmıştır. Şişme kuramının büyük başarılarından biri bu dalgalanmaları açıklayabilmesidir. Şişme döneminden önce uzay-zamandaki kusurlar atomaltı dünyada görülenler gibi kuantum dalgalanmaları olacaktı. Şişme gerçekleşirken kuantum dalgalanmaları sonunda bir galaksiye dönüşecek büyüklüğe ulaştı. Kuantum dalgalanmaları ölçekten bağımsız olma gibi kendine özgü bir niteliğe sahiptir; bu da demektir ki onların güç dağılımı ölçeğe bağlı değildir. Bunun bilindik bir örneği ne kadar yakınlaştırsanız veya uzaklaştırsanız da görüntüsü değişmeyen fraktallardır. Mikrodalgalardaki salınımlar da aynı özelliğe sahiptir.[16] Palamudun büyüyüp meşe ağacına dönüşmesi bir çocuğu hayrete düşürebilir ama gerek çocuklar gerekse yetişkinler galaksilerin kuantum tohumlarından serpilip gelişmesine şaşırabilirler.

Eğer şişme doğruysa mikrodalga arkaplan ışımasının haritaları evrenin bir saniyenin bir milyar çarpı milyar çarpı milyarda bir yaşta olduğu zamana ait bilgiler içeriyordur.

Yakın zamanda şişmeyi çok hassas bir düzeyde test etmek için WMAP sondası kullanıldı ve etkileyici sonuçlar alındı. Mikrodalga salınımları aslında ölçeksiz değildir ve en hafif sapma tam da şişmenin öngördüğü kadardır. WMAP'ın halefi *Planck* uydusu 2009'da başarılı şekilde fırlatıldı. *Planck* uydusunun amacı şişmenin ısı dalgalanmalarından 100 kat

daha küçük olan damgasını saptamaktı. Söz konusu damga kütleçekim dalgaları tarafından ışımaya basılmıştır ve şişme ile alternatif kuramları tamamen ayrı bir yolla ayırt edebilmektedir.[17]

Şişme emekleme dönemini geçirmiş, olgunlaşma dönemini yaşamaktadır. Test edilebilen tahminlerde bulunmaktadır ve testlerin çoğunu geçmiştir. Kozmolojinin sınırı büyük patlamadan çok küçük bir an sonrasına, kuramsal ilerlemenin artık mikroskobik fiziği daha iyi anlamaya bağlı olduğu yere kaymıştır.

KUANTUM EVRENİ

T. S. Eliot şu satırları yazarken evrenden bahsediyor olabilirdi: "Ve bütün keşiflerimizin sonu başladığımız noktaya geri dönmek ve orayı ilk kez tanımak olacaktır." *Dört Kuartet*'te birkaç dize sonra şöyle der: "Tam bir basitlik hali, daha azına değil her şeye mal olan."[18]

Ouroboros ya da kuyruğunu yiyen yılan bu kapanışın görsel ikonudur. Ta antik dönemden beri kendine başvurma veya kendi üzerinde düşünme eylemini temsil etmek üzere Batı kültüründe yaygın şekilde kullanılmıştır. Mısır'ın *Ölüler Kitabı*'nda da yer alır ve Platon kendi kendini yiyen yuvarlak bir yaratığı evrendeki ilk canlı olarak tarif eder. Fizik dalında Nobel Ödülü kazanmış Sheldon Glashow, hâlâ başarılamamış bir tasarı olarak çok küçük çaplı kuramlarla çok büyük çaplı olanları birleştirmeye dönük umudunu simgelemek için kuyruğunu yiyen yılan imgesini kullanmıştı. Evrenin şu anki hali ilk anındaki halinin 10^{60} katıdır. İnsanlar bu logaritmik aralığın ortasına yakın bir noktada duruyorlar.

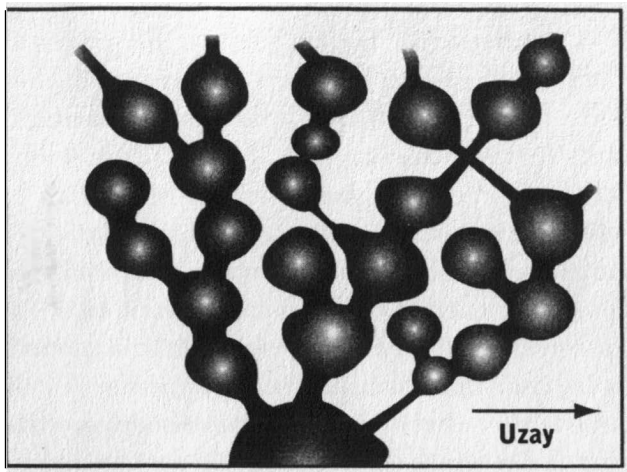
Şişme büyük patlama modeline uygun bir ayarlama, zekice ve esrarengiz bir numara gibi görünüyor. Ama onun modern versiyonu çok daha hırslı. Bunun nedenini anlamak için şişmenin nasıl bulunduğuna göz atalım. Alan Guth'un leziz

sufle için bir tarifi vardı, ama şu minik baloncuklar çok çabuk büyüyüp birleşerek tatsız bir çorba bıraktı geride. Fakat onun düşüncesi şu an Stanford Üniversitesi'nde hoca olan alaycı bir mizah duygusuna sahip Rus Andrei Linde ve ondan bağımsız olarak iki diğer kuramcı tarafından geliştirildi.[19] Linde 1981'de Moskova'daki bir konferansta çalışmasını ilk kez sunarken genç bir araştırmacıydı. İronik bir şekilde, şişme geçerli olamaz diyen (ama daha sonra fikrini değiştiren) Stephen Hawking'in bir konuşmasında tercümanlık yapmıştı.

Evrenin bir elektrik yükü taşıdığını hayal edin, böylece her yerde potansiyel 110 volt olsun. Bu durumda onu asla fark etmezdik, tıpkı vakumun halini göremediğimiz gibi. Şayet elektrik alanı uzay veya zamanda değişseydi yüklü parçacıkların davranışında bu değişimi görürdük. Şişme de benzeri bir durumu içeriyor.[20] Evrenin önceden var olan bir uzay-zaman vakumundan oluştuğu öne sürülüyor. Klasik fiziğe göre vakum kuantum dalgalanmalarıyla doludur. Dalgalanmalar dalgalardır, tıpkı bir elektrik alanındaki titreşimler gibidir. Dalgalar olası her dalga boyuna sahiptir ve her yönde hareket eder. Birbirlerine eklenirler ve güçlerinin yettiği yerde üstel bir genişleme tetiklenir: şişme. Dalgaların doğa kuvvetlerinin birleşmesinden doğduğu sanılmaktadır ve bu fizik test edilmediği için fevkalade spekülatiftir.

Bu bizim kozmik mikrodalga ışımasının örüntülerinde rastladığımız armoninin sıradışı bir örneğidir. Fakat her nevi büyüklükte ve güçte dalgalarıyla zamanın ilk anında, sonuç beyaz ses, evrenimizin müziğini doğuran "tıslama" idi.

Linde "ebedi" şişme kavramını ana hatlarıyla ortaya attı. Uzay-zamanın bazı kısımları üstel şişer. Diğer kısımları değişmez veya ölü doğmuştur ve kara delikler gibi çöker. Şişen bölgeler çok seyrek olsa da üstel genişleme onların diğer bütün bölgelerden daha büyük olduğunu gösterir.[21] Şişen herhangi bir bölgede aynı hikâye geçerlidir. Yeterince geniş



Şekil 14.6. Büyük ölçeklerde ve küçük enerjilerde uzay-zaman düzgün ve sakin görünür, ama kütleçekiminin kuantum kuramıyla uyuştuğu enerjide ve ölçekte uzay-zaman sürekli bir devinim içindedir.

bir gölge şişen yeni bölgeler yavrulayabilir. Aslında evrenimiz yeni evrenler yavrulayabilir, tıpkı evrenimizin başlangıcı ve sonu olmayan bir süreç içinde başka bir evren tarafından yavrulanmış olabileceği gibi (Şekil 14.6).

Bu köklü bir kavramsal değişimdir. Bu modelde büyük patlama uzay-zamanın başlangıcı değildir. Şişme sadece evrenimizi yaratan değil, aynı zamanda bizimkine benzeyen ve benzemeyen diğer evrenleri de yaratan mekanizmadır.

Kendi kendini yeniden doğuran sürgit evren modeli bazı bakımlardan büyük patlamanın ilk rakibi kararlı hal modeline benzemektedir. Kararlı hal modelinde evren ebedidir ve sürekli genişler; genişleyen uzayda bütün maddenin kaynağı enerjidir. Sürgit şişmeyle kökenler kavramı inceliğe kavuşur. Bizim başlangıcımız her şeyin başlangıcı değildir. Bu minvalde kendi kuyruğunu yiyen yılan ikinci bir anlama sahiptir: Bir çevrimin bitip yenisinin başladığı "ebedi dönüş".

Modern kozmoloji evrenimizi bir kuantum olayı olarak sunar. Vakum enerjisi herhangi bir yerde, odanızda tam önünüzde bile –ama saptanamayacak kadar küçük ölçekte– parçacık-antiparçacık çiftlerini anlık olarak yaratabilir. Aynı zamanda sizi ve odanızı içerecek kadar geniş bir evren de yaratabilir. Mikrodünyanın garipliğinden kaçış yoktur, öyleyse gelin onun ne kadar garip olduğunu hatırlayalım.

Bütünlemek anahtar bir kavramdır. Parçacıklar uzayda konumlanır ve enerjiyi bir noktadan diğerine taşır. Dalgalar uzayda yayılır ve kırınım ve girişime uğrar. Kuantum kuramında bir cisim duruma bağlı olarak parçacık veya dalga gibi hareket edebilir ve her bir tanım da aynı ölçüde geçerlidir. Klasik bir fizik deneyinde ışık ekrandaki iki dar yarıktan geçer ve bir girişim modeli, tıpkı bir su yüzeyinde birleşip iç içe geçen dalgacıklar gibi, ikinci ekranda görünür. Fakat bir seferde sadece bir foton yayılacak şekilde ışık kaynağı kısıldığında yine aynı model oluşur, sanki her bir foton her iki yarıktan geçip sonra da kendisiyle girişim oluşturmuş gibidir. Richard Feynman buna kuantum fiziğinin "asıl gizemi" adını verir ve eğer bunu anlarsanız kuantum fiziğini de anlarsanız der. Sonra da ekler: "Hiç kimse kuantum mekaniğini anlamıyor."[22]

Belirsizlik diğer anahtar kavramdır. Werner Heisenberg momentum ve konum, zaman ve enerji gibi nicelik çiftlerine dair bilgilerimize sınır koyan bir denklem ortaya attı. Çiftin üyelerinden birini ölçmedeki kesinlik diğer üyenin ölçümündeki kesinlik pahasına gerçekleşiyordu. İki üye birbiriyle bağlantılıydı. Bir dalga iyi tanımlanmış bir hareket yönüne veya momentuma sahipken, bir parçacık da iyi tanımlanmış bir konuma sahiptir. Heisenberg bir kuantum cisminin konumunun doğru ölçülmesi halinde onun dalga özelliğinin bastırılacağını göstermiştir.[23] Öte yandan eğer onun hareket yönü doğru ölçülürse bu sefer dalga özelliği baskın çıkar. Zaman ve enerjinin ölçümü söz konusu olduğunda ise Heisenberg'in belirsizlik ilkesi, enerji korunumu yasasının anlık ihlal edile-

bileceğini ve ihlal ne kadar çabuk olursa o kadar büyük olacağını söyler. Bu da parçacıklardan evrenlere kadar her şeyin yaratılması için temel oluşturur.

Einstein fiziksel dünyaya dair bilgimize konulan bu bariz sınırlama karşısında hayal kırıklığına uğramış ve kızmıştı. Doğaya dair keşfedilmeyi bekleyen daha derinlikli bir kuram olduğunu veya Heisenberg ilkesinin öngördüğü ölçüm sınırlarının daha iyi cihazlarla aşılacağını düşünüyordu. Niels Bohr ile on yıl süren bir polemiğe girip bütünleme ve belirsizlik kavramlarının üstesinden gelmeye çalıştı ama başarılı olamadı. Bohr'un görüşü olan "Kopenhag Yorumu" geçen yıllara direndi. Kuantum mekaniği yaklaşık bir asırlık bir geçmişe sahiptir ve çok iyi test edilmiştir. Fizikçiler onun garipliğine kafayı takmak yerine onunla yaşamayı tercih ediyorlar.

Determinizm öldü. Doğaya dair tahminler olasılıklar üzerinden işliyor. Gözlemleyen ile gözlemlenen arasında derin bir bağlantı var. Hiçbir şey gözlemlenene kadar gerçek değil. Bir elektron gözlemlendiğinde sınırlı gerçekliğe çöken bir olasılık dalgasıdır. Bu olasılıksal kuantum halleri uzaya uzanabilir; dolanıklık dediğimiz bu olgu atomdan çok daha büyük ölçeklerde çiftleşmiş varlıkları ima eder. Eğer bütün bunlar mikroskobik varlıklar için kesinkes doğruysa ve eğer evrenimizin kendisi bir kuantum olayı ise, o zaman bu esaslı felsefi sonuçlar doğurur.

Bir evreni yaratmak neye mal olur? Andrei Linde bunun hesabını yaptı. Şimdi evrenin kütlesi $-E = mc^2$ formülüne göre enerjiye dönüşen– 10^{50} kilogram ışımayla birlikte yaklaşık 10^{54} kilogramdır. Çok erken evrende ışıma halindeki kütle çok daha fazlaydı: 10^{82} kilogram. Standart büyük patlama bu kütleyi yokluktan yaratırken, şişme kuramı bir kuantum dalgalanması olarak vakumdan "ödünç alır". Heisenberg belirsizlik ilkesine göre bildiğimiz evreni anında şişirmek için sadece bir gramın yüzde biri kadar kütle-enerjiye –neredeyse yokluğa– ihtiyaç vardır; mütevazı bir yatırım karşılığında gayet etkileyici bir kazanç.

* * *

Doğumda ayrıldım ama henüz var oluş sahnesine çıkmadım. Varoluşun eşiğinde parıldıyorum, sonsuz boşlukta bir hareketlilik. Ama olasılık duygum var ve kuvveden fiile geçmek istiyorum. Titrek alacakaranlık sınırsız ve ebedi. Ortada hiçbir belirti yokken birdenbire uzay ve zaman varlık sahnesine çıkıyor. Uzay her yönde balon gibi şişiyor ve onunla birlikte bir parçam kayboluyor, ufkun ötesinde bükülerek gözden kayboluyor. Eksik olduğum için üzgünüm, kuantum dolanıklığı içinde olsak da sanal ikizim görüş alanımın dışında.

Kaybolan parçam uzun süre aklımı karıştırdı. Dolacak bir evren, oluşacak galaksiler, parlayacak yıldızlar ve filizlenecek bir yaşam var. Kütleçekimi süregiden genişlemeye karşı madde toplamak için uzun kollarını kullanıyor. Ortaya çıkan yapı zengin çeşitlilikte ve kavranılması zor. Benliğimin diğer parçası artık geride sadece izi kalmış bir anı.

Çok uzun zaman geçiyor. Görünür evren her geçen gün biraz daha büyüyor. Genişleme yavaşlıyor. Şaşırtıcı ve sevindirici bir şekilde öteki-benim görüş alanıma giriyor, uzaklaşma kızıla çalmış bir halde. Işığı görüş sınırını geçip yolunu aydınlatıyor ve hatırladığım kadarıyla bir zamanlar benim olduğum gibi genç. Derken yeni bir kuvvet kozmik dokuyu daha da hızlı geriyor ve öteki-benim tekrar gözden kayboluyor; ilkinden daha acı verici bir kayıp. Tesellim ise bir tutam uzay-zamanın oluşturduğu görkem.

15

ÇOKLU EVREN

Komşu evren donmuş bir uzay-zaman gölü. Parçacık-antiparçacık çiftleriyle titreşiyor. Uzay kuantum dolanıklılığı içinde ve bir topluiğne başı kadar; pek etkileyici değil, öyle ki ona evren demeye bile dili varmıyor insanın.

Bunun ötesindeki evrenin geleceği biraz daha parlak. Suyla dolu bir balon gibi sallanıp çalkalanıyor. Madde ve ışımayla birleşmek için üst bir uzay boyutuna bağlanıyor. Madde ile ışıma etkileşime geçip dalgacıklar ve karmaşık armoniler oluşturuyor. Bu uzayın sesleri ritmik ve hipnotik. Bir tür müzik ve ortalıkta bu müziği dinleyecek kimsenin olmaması ne büyük talihsizlik.

Biraz daha ileri açılınca düz bir uzay kanyonunun ta ötelere uzandığını görüyorsunuz. Evren görkemli ama sade. Kütleçekimi son sürat genişleyen evrende madde paketçikleri toplamak için çabalıyor. Orada burada tek tük yıldızlar gecenin içindeki havai fişekler gibi parlıyor. Sönecekler ve tuval kararacak. Yoluma devam ediyorum.

Bu ilginç. Küçük ama karmaşık bir evren. Beş uzay boyutu sıkı kenetli bir örüntünün içinde mozaik bir şekil oluşturmuş. Madde bir an belirip hemen kaybolan yapılar oluşturuyor. Yapının gözden kaybolmasına rağmen organizasyon bilinçlilik eşiğine varacak denli zengin. Onu anlamak için bir referans sistemine sahip değilim.

Şimdiye değin uzay ve zamanda o kadar yol aldım ki uzay ve zamanın ötesine geçtim. Çoklu evrenlerin olasılıklar denizi beni kucaklayıp benlik duygumu içine alıyor. Bu gerçek mi? Gerçek olan bir şey var mı?

BİLGİNİN SINIRLARI

Bildiklerimizin ve bilebileceklerimizin titrek sınırına ulaştık. Bilim genç. İnsan beyninin çalışma sistemindeki son devrimci gelişmelerden bu yana 40.000 yıl geçti. O zamanlar Afrika bozkırlarını dolduran avcı-toplayıcılar tıpatıp bize benziyordu. Bizim gibi onlar da evreni kavrayacak donanıma sahip olmalarına rağmen ona hayranlık duyuyor, esrarengiz buluyorlardı. Gökkubbenin ötelerine açılma olanağını bize sunan aygıtlar çok yenidir. Bu zaman diliminin yüzde 95'i geçtikten sonra bilimsel yöntemimiz, yüzde 99'u geçtikten sonra teleskoplarımız ve yüzde 99,99'u geride kaldıktan sonra da evrenin yaşına ve büyüklüğüne ilişkin doğru bir fikrimiz oldu.

Bilimadamları fıtratları gereği iyimserdirler. Evrenle ilgili bilgilerimizin Kopernik'ten itibaren izlediği seyre bakıp eğlencenin hemen bitmeyeceğini düşünürler. Teleskoplar, atom çarpıştırıcıları ve bilgisayarlar eskisinden çok daha hızlı büyüyor, gelişiyor ve iyileşiyor. Geçmişte hiç olmadığı kadar çok bilimadamı bugün çalışmalar yürütmektedir. Daha yüzeysel bir seviyede, her hafta kozmolojideki keşiflere dair haberler alıyoruz. İlerlemenin hızı yavaşlayacağa benzemiyor.

Kozmolojinin müthiş gelişmesi heyecan verici. Çok değil iki nesil içinde tüysüz maymunlar uzay ve zamanda kendilerini küçük bırakan bir evreni anlama konusunda şaşırtıcı bir atılım sergilediler. Sadece birkaç akortsuz nota müziğe karıştı. Bunlardan biri, test edilebilir laboratuvar fiziği alanından çok fazla uzaklaştığımız için rakip kuramları birbirinden ayırt edebilecek kadar hassas araç gereçlere sahip olamayabileceğimiz kaygısıdır. Spekülasyon dalında çok fazla sürünürsek dal kırılabilir. Ve daha derin bir kaygı devreye girer: Analitik araçlarımız ve zihinsel yetilerimiz daha iyi bir kavrayış düzeyine ulaşmaya yetmeyebilir.

O zaman apofeni olgusu gündeme gelir. Apofeni, verilerden gerçekte olmayan anlamlı örüntüler veya bağlantılar çıkarma deneyimi/eğilimidir. İstatistikte buna sıfır hipote-

zinin yanlış olduğu halde reddedilmediği 1. tür hata veya yanlış pozitif denir. İsveçli oyun yazarı August Strindberg'de apofeni eğilimi uç noktalara varmıştı. Gözlerini çevirdiği bir kayada cadılık sembolleri ve keçiboynuzu şekli, mikroskopla baktığı bir cevizde dua eder gibi açılmış eller, buruşuk bir yastıkta ise Michaelangelo tarzı bir mermer kafa görmüştü.

Strindberg'in apofenisi psikoz boyutuna ulaşmıştı ama onun daha hafif bir türü evrimle içimize yerleşmiştir.[1] Göçebe atalarımız alacalı çimenlikte gerçekte olmayan tehlikeli bir yırtıcı gördüğünü sandığında ürkerdi; yırtıcıyı gerçekte olduğu halde göremediklerinde ise ona av olurlardı. Var olmayan bir şeyin var olduğuna inanmanın bedeli, var olan bir şeyin var olduğuna inanmamanın bedelinden hafiftir. Beyin apofeniye şartlandırılmıştı. Bu demek değil ki ilkel refleksler bilimde hipotez testinin gelişmiş tertibine galebe çalar. Sadece kuramlarımıza ve açıklamalarımıza altından kalkamayacakları kadar çok şey yüklemediğimizden emin olmalıyız.

Anlamlandırma arzusu en asli arzudur. Doğadaki örüntülerin keşfi gürültünün reddedilmesidir. Gelişmişliğimize rağmen boşluktan ve ölümün kaçınılmazlığından korkarız. Modern kozmoloji evreni bir kuantum dalgalanması, rastlantısal bir olay olarak değerlendirmektedir. Bu en hafif ifadeyle pek de rahatlatıcı gelmiyor insana.

HER ŞEYİN TEORİSİ

Bilimadamları açıklama açlığı içinde ne kadar hırslı olmalılar? Evreni ve içindekileri açıklamak sahiden mümkün müdür? Bilimin ilk çağında Arşimet onlardan diğer şeylerin çıkarsanabileceği birkaç aksiyom veya ilke bulmaya çalışmıştı ve atomcular görünen bütün olgular deryasına atomların çarpışmasının yol açtığına inanıyorlardı. Çok sonraları, Newton'un evrensel kütleçekim yasasından güç alan Fransız matematikçi Pierre-Simon Laplace, yeterince güçlü bir zekânın (bilgisayar

diyebiliriz) bütün parçacıkların bir andaki konumlarının ve hareketlerinin bilgisinden yola çıkarak onların gelecekteki herhangi bir anda konumlarını ve hareketlerini hesaplayabileceğini öne sürdü.

Pek çok hümanist ve düşünür Newton mekaniği ve kütleçekiminin ima ettiği determinizmden tiksindi, çünkü bu anlayışa göre biz insanlar parçacıkların toplamı olduğumuz için belki de tercihlerimiz ve özgür irademiz yanılsamadan ibaretti. Faustçu hakikat arayışlarının kibrinden dolayı, sanki hakikate ulaşabilmek için ruhlarını şeytana satmaya teşnelermiş gibi fizikçilerle yer yer dalga geçildi.

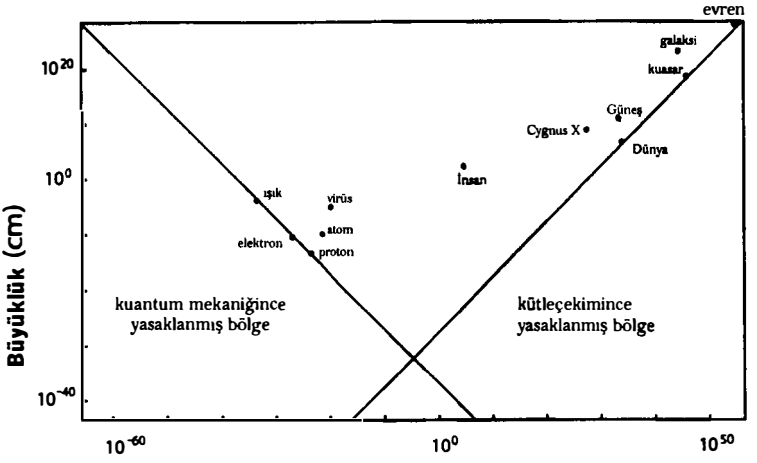
Yirminci yüzyıl bir nebze alçak gönüllülükle olmasa bile en azından bir miktar belirsizliğin yardımıyla bu büyük beklentileri yeniden şekillendirdi. Determinizme pratikte kuantum kuramının olasılıksal doğası, karmaşık sistemlerin sonradan ortaya çıkan öngörülemez özellikleri ve matematiksel kaosa yol açan ilk koşullardaki hassaslık karşı koydu. Felsefi düzeyde Gödel'in eksiklik kuramı, basit olmayan kendi içinde tutarlı her teorinin mutlaka eksik olduğunu veya kararlaştırılamaz önermeler içerdiğini öne sürer. "Her şeyin teorisi"nin de basit olmaması ve kendi içinde tutarlılık taşıması gerektiğinden Freeman Dyson ve Stephen Hawking gibi saygın fizikçiler, birkaç ilkeyle nihai bir teoriye ulaşma arayışının sonuç vermeyebileceği kanısına vardılar. Evrendeki her şeyi tarif eden bir dizi denklem bulsak bile köken ve anlama ilişkin bazı sorular cevaplanmadan kalacaktır. Stephen Hawking'in de sorduğu gibi: "Denklemlere ruh üfleyen ve onların tarif etmesi için bir evren yaratan şey nedir?"[2]

Çoğu bilimci büyüklükten vazgeçti. Onlar her fizik sisteminin davranışını anlayıp öngörmede tek bir kuramın kullanılamayacağı kanısındalar artık. Doğrusu dört temel kuvveti birleştirme hedefine doğru yürüyüşlerine devam etmeyi umuyorlar. Bizim şimdiki düşük enerjili evrenimizde birbirinden ayrı olan bu kuvvetler yeterince yüksek bir enerjide

birleşip tek bir süperkuvvete dönüşebilirler (bu birleşmenin ilk adımlarını son bölümde ele almıştık). Büyük birleşik kuramlar elektromanyetik kuvvet ile güçlü ve zayıf nükleer kuvvetleri birleştirmeye çalışır. En çok gelecek vaat edenleri süpersimetriye dayanır. Süpersimetride bilinen parçacıklar bir gölge eşe sahiptir ve maddeyi oluşturan parçacıklar ile kuvvetleri taşıyan parçacıklar arasında bir fark yoktur.

Bu yoldaki son adım büyük birleşik temel parçacıklar kuramlarının genel görelilikle, en iyi kütleçekimi kuramımızla birleştirilmesidir; Einstein ölüm döşeğine düşene değin 30 yıl bu uğurda boş yere kürek çekmiştir. Sorun çetin, çünkü parçacıklar ayrık ve tanecikler halindedir ama kütleçekimi düzgün, akıcı ve elastiktir. Bu ikisi odun ve mermer gibi birbirinden farklıdır. Parçacık kuramı ancak kütleçekiminin o yokmuş gibi davranabileceğimiz kadar zayıf olduğu durumda işler ve genel görelilik ancak kuantum kuramının tanecikliği ve belirsizliği göz ardı edildiğinde geçerli olabilir. Einstein'ın ölümünden beri kuantum kütleçekimi fiziğin kutsal kâsesi olagelmiştir; ne var ki dört temel kuvvetin birleştiği koşulları oluşturabilecek bir laboratuar deneyi yapma şansımız yok.

Bunun yerine bütün yollar büyük patlamaya ve Planck zamanı denilen şeye çıkıyor. Genişleyen evrenin geçmişindeki tekilliğe –sonsuz sıcaklık ve yoğunluk haline– dönersek, Planck zamanında fiziksel kavrayışımızın sınırına ulaşırız. Planck zamanı büyük patlamadan sonraki 10^{-43} saniyedir. Tanımlanabilecek en küçük zaman aralığıdır bu. Bu çok erken evrede evren sadece 10^{-35} metre genişliğinde veya bir protonun büyüklüğünün 100 milyar çarpı milyarda 1'i büyüklüğündeydi. Bu mesafeye Planck ölçeği adı verilir.[3] Bu minicik ölçekte alan ve mesafe ölçümünün bir anlamı yoktur. Uzay-zaman genel göreliliğin öngördüğü gibi düz ve süreğen değil de köpük gibi olabilir. O zamanki sıcaklık 10^{32} Kelvin gibi bir cehennem sıcağıydı: zayıf kütleçekim kuvvetinin şimdiki soğuk evredekinden çok daha güçlü olan diğer kuvvetlere eşit



Şekil 15.1. Evrendeki kütle-enerji ve cisimlerin büyüklüğü. Sol taraftaki üçgeni kuantum kuramı, sağ taraftaki üçgeni de kütleçekimi kuramı yasaklamaktadır. Çapraz çizgilerin kesiştiği nokta fizik yasalarının geçersiz olduğu Planck ölçeğidir.

olduğu bir sıcaklık. Bu ölçütler hem ölçümün hem de anlayışın sınırlarını belirler (Şekil 15.1).

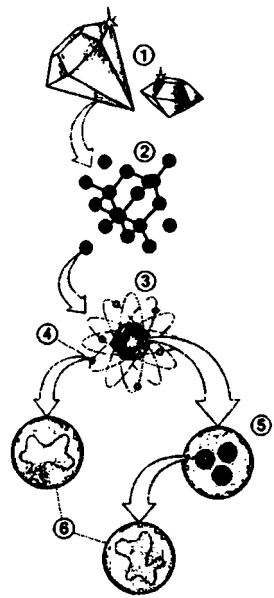
Erken evreni tarif edip etmemekten bağımsız şekilde Planck zamanını ve Planck ölçeğini anlamanın başka bir yoluna gelelim. Heisenberg'in belirsizlik ilkesi, çabuk gözden kaybolan veya sanal parçacıkların daima bir belirip bir kaybolduklarını ve ancak ömürleri çok kısaysa çok büyük olabileceklerini söyler. Einstein'ın genel görelilik kuramı ise yeterince küçük bir uzayda yeterli miktarda maddenin bir kara delik yaratabileceğini söyler; bu, kaçış hızının ışık hızına eşit olduğu son derece güçlü bir çekim alanına sahip bir bölgedir. Bu görüşleri birleştirdiğimizde sanal kara deliklerin var olmasına elverişli ölçüde küçük bir ölçek oluşur. Planck ölçeğidir bu. Büyük patlamadan sonraki ilk anda uzay parçacıklar ölçeğinde eğildi, parçacıklar kara delik özelliklerine sahip

oldu ve uzay-zaman eğilmeleri kuantum belirsizliği tarafından yönetildi. Çok kaynayan bir tencere suyu düşünün ve bu, çok erken evrenin fokurdayan uzay-zaman köpüğü için çok kaba bir benzetmedir.

Einstein'ın her şeyin teorisini elde edememesi meselenin ne kadar zor olduğunun iç karartıcı kanıtıdır.[4] Fizikçiler Standart Model'in ötesine cesur bir sıçrayış yaparak ilerlemenin yolunu buldular.

Bir gitar telini düşünün. Gerilim altındadır ve gerilimin şiddetine ve nasıl çalındığına bağlı olarak tel değişik sesler çıkarır. Telin titreşim modları veya farklı armoniler farklı müzik notaları çıkarır. Şimdi telin gitardan koparıldığını ama hâlâ gerilim taşıdığından ötürü dalgalanıp titreştiğini hayal edin. Bu dalgalanan gitar tellerinin bazıları açık kalır, her iki uçları da boştadır; diğer teller ise kapalı halde bir halka oluşturur. Ve şimdi bu tellerin herhangi bir parçacıktan daha küçük, görünemeyecek kadar küçük olduğunu hayal edin. Bu durumda Planck ölçeğinde, yani yaklaşık 10^{-35} metre genişliğinde tek boyutlu cisimler olurlar. İşte bu cisimler sayesinde fizikçiler kütleçekimiyle kuantum mekaniğini birleştirmeye çalışırlar.[5]

Sicim teorisinde her farklı parçacık bir titreşim modu veya görünmeyecek kadar küçük bir sicimin "nota"sıdır. Açık ve kapalı sicimler etkileşim kurup birleşebilir. Bir sicim zamanda yol alırken açık ya da kapalı oluşuna bağlı olarak bir yaprak ya da tünel taslağı çıkarır. Sicimin titreşim modları, bilindik parçacıkların sahip olduğu kütle, spin ve yükü yaratır. Sicimler karışıma süper simetri ekleyerek hem parçacıkları hem de kuvvetleri tanımlayabilir. Böylece elektron titreşen bir sicim olur, aynı şey kütleçekim kuvvetini taşıyan graviton için de geçerlidir. Süpersicim kuramı diye yeniden adlandırılan kuram doğal olarak hem kütleçekimini hem de Standart Model'deki bütün parçacık etkileşimlerini içerir (Şekil 15.2).



Şekil 15.2. Maddenin yapısındaki çeşitli büyüklük dereceleri. Bir kristal hafif elektronları (4) ve ağır protonlar ile nötronları içeren atomlardan (3) oluşan molekül (2) örgüsünden meydana gelir. Hem nötronlar hem de protonlar kesirli yüklere sahip kuarklardan (5) oluşur. Bütün atomaltı parçacıklar sicim (6) diye adlandırılan tek boyutlu minicik varlıklardan oluşmuş olabilir.

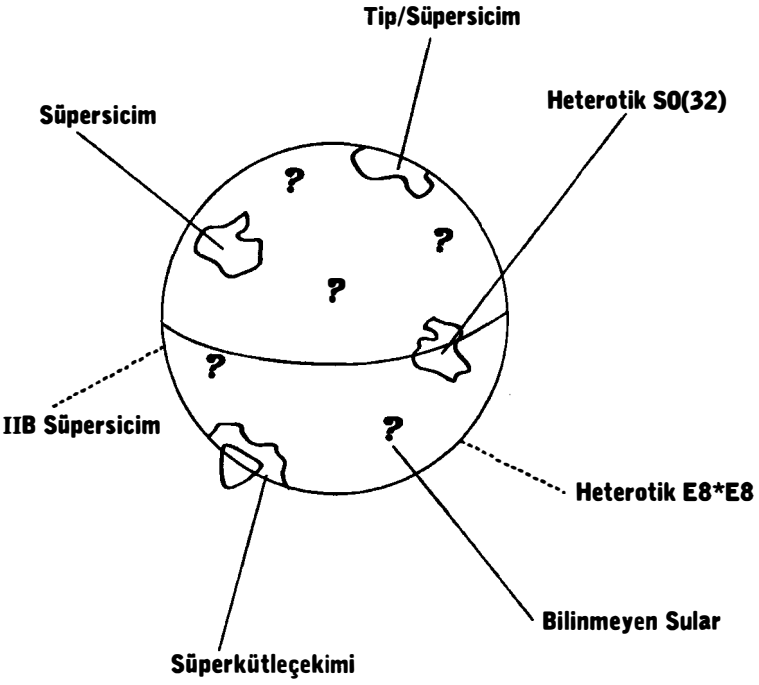
Yeni kuram öylesine gelecek vaat ediyordu ki birçok parlak genç fizikçi etkileşim halindeki sicimlerin kuantum kuramı için gereken karmaşık ve soyut matematiği öğrenme zahmetine katlanmayı göze aldı. İlk sorun sicimlerin büyüklük ve enerji ölçeğinin laboratuvar deneyleri veya hızlandırıcılarla saptanmaya hiç mi hiç elverişli olmamasıydı. Bu yüzden kuramı sınamanın bir yolu yok gibi görünüyordu. Ayrıca, 1980'lerde yapılan araştırmalar beş farklı sicim kuramı olduğunu gösterdi. Bu kuramların üzerlerinde çalışmak fevkalade zordu ve hangisinin doğru olduğunu bilmenin bir yolu yoktu.

Ve sürpriz! Süpersimetrik sicim kuramlarının hepsi 10 uzay-zaman boyutunu içeriyordu.

Pek de yol alınmış gibi gözükmüyor. Zorlu bir tırmanıştan sonra dağın zirvesine ulaşmayı beklerken, gerçek zirvenin hangisi olduğunu kestiremeden beş tane baş döndürücü zirveyle karşılaştık. İş bununla da kalmıyor, uzayın bilindik üç boyutunun ve zaman boyutunun ardında altı gizli uzay boyutunun bulunduğuna inanmamız bekleniyor. Saçına bir fikir değil bu. Başarılı fizik kuramları her zaman yapıları gereği matematikseldir ve yüksek boyutlara sahip eğri uzay kuramları on sekizinci yüzyılın ortasına dayanır.[6] Eğer altı boyutun bir çorap gibi kıvrıldığını veya sıkılaştığını varsayarsak, onların varlığının farkına varamayabiliriz. Sicim kuramında, gizli boyutlar sadece Planck ölçeğinde belirirler, ama yine de doğanın içinde saklıdırlar, çünkü bir elektronun yükü gibi özellikler ekstra boyutlardaki hareketten kaynaklanır. Daha genelde, gizli boyutlarda nasıl titreştiklerine bağlı olarak sicimler madde, ışık ya da kütleçekimi olarak üç boyutlu uzayda belirebilirler.[7]

Sonraki ilerleme 1990'larda gerçekleşti. Çeşitli üniversitelerdeki kuramsal fizikçiler, özellikle Princeton'daki Edward Witten beş farklı sicim kuramı olarak düşündükleri şeyin aslında aynı kurama bakmanın farklı yolları olduğunu buldu.

Her bir kuramın büyük bir gezegene benzediğini ve bizim sadece bu gezegenlerin bir yerindeki küçük bir ada hakkında bilgi sahibi olduğumuzu düşünün. Bu durumda kuramı matematiksel olarak incelemek öyle zordur ki gezegende başka neler bulunabileceğini bilemeyiz. Teknik ilerledikçe her bir gezegendeki denizleri dolaşma imkânımız olur ve yeni adalar keşfederiz. Ancak o zaman beş sicim kuramının aslında farklı gezegenler değil de aynı gezegendeki adalar olduğunu anlarız! Tek bir asli kuram var ve bütün sicim kuramları onun farklı tezahürleri (Şekil 15.3).[8] Witten bu temel kurama "M-kuramı" adını verdi. "M"nin neye karşılık geldiği konusunda ketumdu; öneriler arasında "magic" (sihir), "mystery" (gizem), "monster" (ucube), "matrix" (matris), "mother" ("bütün kuramların annesi" anlamında) ve "membrane" (zar) yer alıyordu.



Şekil 15.3. Değişik sicim kuramları büyük ölçüde keşfedilmemiş kuramsal ve matematiksel bir manzaradaki adaları temsil eder. Sonradan anlaşıldığı üzere onların hepsi M-kuramı denen temel bir yapıyla birbirine bağlıdır.

Çoğu kuramcı zarları kullanarak kuram geliştirmenin ileriye dönük en üretken yol olduğu fikrindeydi. Bu da ekstra bir boyut içeriyordu: 11 boyut. (Sahi, hesabı kim yapıyor?) Temel cisim sicim değil de zar veya yaprak idi. Bir kamışın uzaktan görünüşü gibi, zarlar da on birinci boyut küçük bir daire halinde kıvrıldığında sicim gibi görünür. "Brane" adı verilen genel cisim sıfırdan dokuza kadar uzanan boyutlara sahiptir. Nokta sıfır-brane'dir, çizgi bir-brane, yüzey veya zar iki-brane ve onları tanımlayacak ismin olmadığı boyutlara

kadar gider. M-kuramı ile çalışmak bir hayli zordur, çünkü farklı boyutlarda farklı türlerdeki zar sayısı üstel olarak artar. Üç boyutta kuram, birbiriyle bağlantılı delikler içeren katı cisimlerle uğraşmak zorundadır. Üç boyutlu altı milyar düğüm noktası olduğu hesaplanmıştır ve bunları sınıflandırmak için bir düğüm kuramına ihtiyaç vardır. Bunun 11 boyutta nasıl dallanıp budaklanacağını tahmin edebilirsiniz.

10 veya 11 boyut öngören bir kuramdaki farklı fiziksel hallerin sayısı esasında sonsuzdur. Öte yandan kabaca bizimkine benzeyen, yani sadece dört tane uzay-zaman boyutu olan bir evrene karşılık gelen fiziksel hallerin sayısı "sadece" 10^{500} gibi daha çözülebilir bir sayıdır! Bu hallerin her biri Planck ölçeğinde gizli boyutlara, makroskobik ölçekteyse biricik ve farklı kuvvet ve parçacık kümesine sahiptir. Bu duruma sicim kuramının "manzarası" denir.[9] Sorumuz şudur: Peki ya bizim evrenimiz bu hallerden birini, diğer haller de bizim evrenden ve birbirlerinden kökten farklı olası diğer evrenleri temsil ediyorsa?

Bu noktada başınız dönüyorsa çok normal. Brian Greene gibi sicim kuramını yaymak için canla başla çalışanlar bu kuramın matematiksel inceliğini ve güzelliğini anlatırken kendinden geçip sevinçten havalara uçuyorlar.[10] New Yorklu Greene liseden terk bir vodvil göstericisinin oğludur. Sıkıştırılmış yüksek boyutlarda elde edilen şekillerde, "Calabi-Yau Moduli Uzayı'nda İkilik" gibi şık başlıkları olan yazılar yazmada ustadır. Popüler kitaplar ve çocuk kitapları yazarak ve 2008'de New York'ta başlamış resim, müzik, tiyatro ve bilim şenliği niteliğindeki yıllık Dünya Bilim Festivali'nin kurucusu olarak 10 veya 11 boyutun ötesine geçmiştir.

Sicim kuramının diğer bir "rock yıldızı" olan Lisa Randall New York'taki Stuyvesant Okulu'nda Greene'in sınıf arkadaşlarından biriydi. Randall ağzı iyi laf yapan çok parlak bir öğrenciydi; bu, kuramsal fiziğin kadın dünyasında pek rastlanılmayan bir durumdur. Kendisi Princeton, MIT ve

Harvard Üniversitelerinin fizik bölümlerinden burs almış ilk kadındır. Greene gibi Randall da ilave boyutlara uzanır, *Hypermusic: A Projective Opera in Seven Planes* (Hipermüzik: Yedi Düzlemde İzdüşümsel Bir Opera) adlı opera için besteci Hector Parra ile birlikte bir güfte yazdı. İkili *The Colbert Report* adlı televizyon programına çıkmak gibi yüksek bir çıtayı aştılar. Randall ve Greene sicim kuramının üstadı Ed Witten'in –biyolojik olmasa da entelektüel– soyundan gelen okumuş tiplerdir.

Sicim kuramı 1996'da kara deliklerin şaşırtıcı ölçüde büyük entropisini açıklamak için kullanıldığında önemli bir başarı kaydetti. İlk kez sicim kuramı "klasik fizik"ten bir sonuç çıkarmak için kullanılıp sicimlerle kütleçekimi arasındaki apaçık bağlantıyı ortaya koydu. Ne var ki sicim kuramı yerine getiremiyor gibi göründüğü müthiş vaadinden ötürü kayda değer bir boşlukla malüldür.[11] Geçtiğimiz on yılda istisnai ölçüde yetenekli birkaç yüz kuramsal fizikçi sicim kuramı üzerine bir sürü yazı yazdı ama kuram henüz sınanmadığı için doğru veya yanlış olduğu söylenemez. Bazıları bu kuramın karmaşık oluşunun ve benzersiz olmayışının onun test edilemeyeceği anlamına geldiğini ve dolayısıyla gerçek bir bilim içermediğini savunuyorlar.[12]

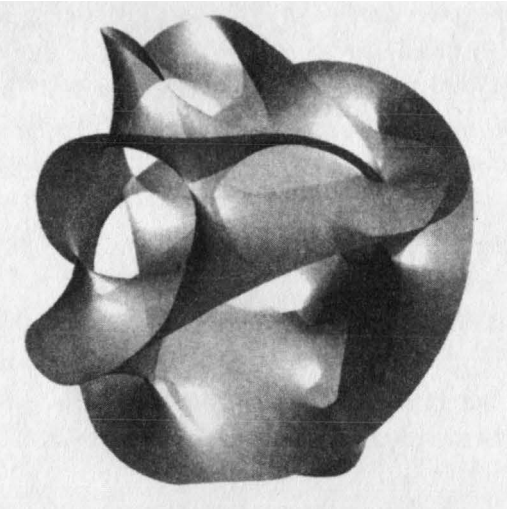
Sicim kuramı her şeyin kuramı mıdır yoksa hiçbir şeyin kuramı mı? Güzel midir çirkin mi? Böyle hararetli akademik tartışmalarda hep rastlanıldığı gibi, doğru iki uç arasında bir yerdedir. Sicim kuramı kuantum mekaniği ile kütleçekiminin birleştirilmesine sahici katkılar sunmuştur ve her ne kadar gizli boyutlar laboratuvar ortamında oluşturulamasa da varsayım düşük enerjilerdeki etkilere dair tahmin yürütmektedir. Söz gelimi, Büyük Hadron Çarpıştırıcısı sicim kuramı için anahtar unsur olan süpersimetriyi test edecektir. Bizler yirmi dokuz yaşında basbayağı profesör olmuş, iki yıl sonra da MacArthur "deha" ödülünü kazanmış ve matematiğin "Nobel Ödülü" addedilen Fields Madalyası'nı kazanan ilk

fizikçi olma payesine erişmiş Edward Witten'e kulak vermeliyiz: "Sicim kuramı şans eseri 20. yüzyıla denk gelmiştir ama gerçekte 21. yüzyıl fiziğinin bir parçasıdır." Dahası Witten kuramı geliştirmek için gereken teknik araçların hâlâ icat edilmekte olduğuna da dikkat çeker. Bizler keşfedilmemiş engin bir diyara doğru yolculuğa çıktık ve yolculuğumuz için gereken taşıtlar hâlâ yapılmaya devam ediyor. Bu iş zaman ve sabır gerektirecek.

Velhasıl bir köpeğin kuantum fiziğini anlayamaması gibi bizim de temel hakikati anlayamayacağımız yönünde gizli bir şüphe her zaman söz konusudur. Kusurlu ve sınırlı varlıklar olarak kavrayış eşiğimize ulaşmış olabiliriz.

KOMŞU EVREN

Bir zamanlar E. E. Cummings'in söylediği gibi: "Bir cehennemi var yanı başımızdaki güzel gezegenin; hadi oraya gidelim." Bu söz şiirsel bir hayal ve kuruntu gibi görünse de hakikat payı taşıyor mu? Kaotik şişme kuramı tanıdığımız ve sevdiğimiz evrenin bir kuantum olayı olarak başladığını öne sürer. Bu evreni ortaya çıkaran ilk vakum kuantum dalgalanmalarının çalkantılı deniziydi ve dalgalanmaların her biri gelişigüzel şekilde farklı fiziksel özelliklere sahipti (veya sahip, çünkü süreç sonsuza dek devam ediyor olabilir). Söz konusu dalgalanmaların çoğu ölü doğmuştu veya uzay-zamanın herhangi bir zerresine hiçbir zaman dönüşmemişti. Bazı dalgalanmalar şişerek uzay-zamanın eski geniş uzamlarına dönüşmüş olabilir. Kozmolojiye hiçbir gönderme yapılmadan geliştirilmiş sicim kuramı çok boyutlu uzay-zamanın olası hallerinin sayısına dair bir manzara sunar (Şekil 15.4) ve dört uzay-zaman boyutuna sahip olması bakımından "bilindik" olan, fiziksel açıdan farklı hallerin sayısına dair bir tahmin yürütür.



Şekil 15.4. M-kuramında, bildiğimiz genişleyen evrenin üç boyutu ve bir de zaman boyutuna ilaveten Planck ölçeğinde gizli olan altı veya yedi boyut daha vardır. Bu görüntü gizli boyutlara uygun şekilde Calabi-Yau çokyüzlüsü diye adlandırılan çok boyutlu bir yüzeyin görüntüsüdür.

Büyük ölçüde test edilmemiş bu iki kuramın birleşimi çoklu evrenler fikrini doğurmuştur. Çoklu evren düşüncesi bizim tarafımızdan gözlemlenemeyen çok sayıda paralel evren olduğunu ve onların her birinin gelişigüzel şekilde farklı özellikler ve fizik yasaları içerdiğini öne sürer. Bize tuhaf gelen bu düşünce İngiltere'nin kraliyet astronomu ve Lordlar Kamarası üyesi Martin Rees'in de dahil olduğu bir grup seçkin kozmolog tarafından desteklenmektedir. Rees şu satırları yazmıştır: "Bizim evrenimiz sonsuz bir topluluk, kozmik bir takımada içinde yer alan unsurlardan sadece biri, adeta sadece bir atom olabilir. Her bir evren kendi büyük patlamasıyla başlar, kendine özgü bir yapıya (ve kendi fizik yasalarına) kavuşur ve kendi kozmik döngüsünü belirler. Bizim evrenimizi başlatan büyük patlama bu geniş perspektiften bakıldığında

herhangi bir teleskopun menzilini fersah fersah aşan girift bir yapının son derece küçük bir parçasıdır."[13]

Andrei Linde ve meslektaşı Vitaly Vanchurin yakın geçmişte olası evrenlerin sayısını hesaplamaya çalıştılar ve çıkan sayı sicim kuramındaki bilindik evrenlere karşılık gelen vakum hallerinin sayısını gölgede bıraktı. Muazzam bir sayı elde ettiler: 10 üssü 10 10.000.000.[14] Gerçek sayı bu kadar muazzam olmasa bile kuantum dalgalanmalar ve şişme, fiziksel özelliklerin olası her bileşiminin bir yerde gerçekleşeceği çok sayıda evreni ortaya çıkarabilir.

Çoklu evrenlerle birlikte duyularımızı bırakıp serbest spekülasyon alanına girmiş görünüyoruz. Bize kalan son duyu dokunmaktır. Gündelik hayatta dokunma duyusu atom ölçeğinde işleyen kuvvetlerden kaynaklanır. Şayet evren bir zamanlar atom büyüklüğünde idiyse, o zaman kuşatıcı bir uzay-zamandaki bilinçli bir varlık tıpkı bizim bir kum zerresine dokunmamız gibi evrenimize dokunmuş olabilir. Çoklu evrende o bilinçli varlık onda bir potansiyel gördüğü için pek çok evren arasından bizim evrenimizi "cımbızla çekmiş" olabilir. Kesinkes bilebildiğimiz tek şey zihnimizle evrenimize dokunabildiğimizdir. İşte bu yüzden kozmoloji heyecan vericidir.

Eskiden basitti: Evren var olan her şeydi. Şimdiyse farklı farklı gözlem ve gerçeklik katmanları varmış gibi görünüyor. Birinci ve en üst katman gözlemlenebilir evren. Teleskopların erişebildiği, her yönde 46 milyar ışık yılı genişliğine sahip ve yaklaşık 100 milyar galaksi içeren bir evrenden söz ediyoruz. Kozmolojideki bütün gözlemler bu evrende gerçekleşiyor; burası çok sağlam bir zemin.

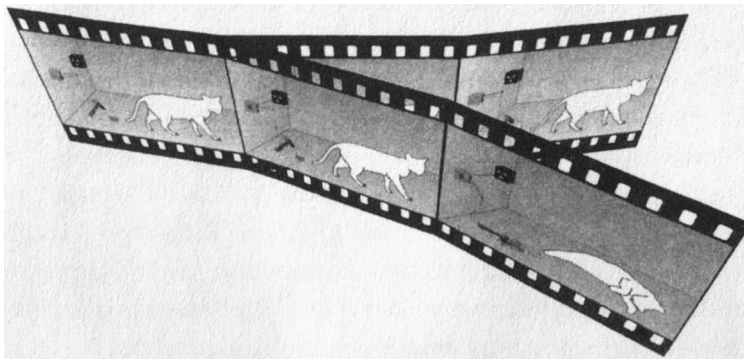
Sonraki düzey gözlemlenebilir evren gibi büyük patlama "olayının" bir parçası olan ama bizim gözlemleyemediğimiz uzay bölgelerini içerir. Bu bölgeler evren yavaşlarken görünür olmuştur; evren yavaşlarken daha uzak bölgelerden gelen ışık bize ulaşmıştır. Fakat bu güzel senaryo yakın geçmişte

karanlık enerji tarafından çökertildi. Karanlık enerji her şeyi, az kalsın en yakın cisimleri bile görüş alanımızdan çıkaracak kadar galaksileri zorla elimizden alıyor. Bu düzeyde evren ne kadar geniş? Sonsuz olabilir. Uzay düz ve gözlemleyebildiğimiz bölgede bir sonun olduğuna dair herhangi bir belirtiye rastlamıyoruz. (Gerçi Einstein'ın "İki şey sonsuzdur: evren ve insanın aptallığı; ama birincisinden emin değilim" sözünü unutmamak lazım.) Şayet evren sonsuzsa ve galaksiler, yıldızlar ve gezegenlerle doluysa Max Tegmark en yakın ikizinize olan mesafenizi bulmak için olası tüm kuantum hallerini hesapladı.[15] 10 üssü 10 üssü 28 metre. 10 üssü 10 üssü 118 metre en yakın gözlemlenebilir ikizimize olan mesafemizdir. Fakat gezegen oluşumunun ve biyolojik evrimin apaçık doğallığı hesaba katıldığında hayalet ikiziniz çok daha yakınızda olabilir.

Üçüncü düzey kaotik veya sürgit şişmedir. Büyük patlamadan 10^{-35} saniye sonra meydana gelen paralel veya "baloncuk" evrenler ışıkları asla yakalanamayacak denli hızlı genişledikleri için gözlemlenemezler. Baloncuklar ilk koşulları ve sabit olduğunu düşündüğümüz fizik yasaları bakımından farklılık sergiledikleri için paralel evrenler çok çeşitlidir. Şişme somut tahminlerde bulunan bir kuramdır, dolayısıyla bu kuram hâlâ zoraki de olsa bilindik bilimin alanı içindedir.

Son düzey çok soyut olduğundan test edilemeyebilir. Çeşitli versiyonları öne sürülmüştür ve onların hepsi geçerli olabileceği gibi hiçbiri geçerli olmayabilir.

Kuantum mekaniğinin "çoklu dünyalar" yorumu doğanın yapısı itibarıyla olasılıksal olmadığını savunur. Her seferinde çok sayıda geçerli olasılığın bulunduğunu, dünyanın birçok dünyaya ayrıldığını ve her olasılık için ayrı bir dünya olduğunu söyler.[16] Her bir dünyada farklı bir sonuç dışında her şey aynıdır (Şekil 15.5). Ondan sonra her biri birbirinden bağımsız gelişir ve onlar arasında bir iletişim söz konusu olmaz, dolayısıyla bir dünyada yaşayan insanlar öbür dünyalarda ne



Şekil 15.5. Schrödinger'in kedi deneyinde kapalı bir oda içindeki kedinin bir atomun radyoaktif bozunmasının tespit edilip edilememesine bağlı olarak yaşama ile ölme olasılığı eşittir. Radyoaktif bozunma çekici harekete geçirecek, çekiç de içinde zehir olan şişeyi kıracaktır. Kuantum mekaniğinin "çoklu dünyalar" yorumunda her iki sonuç –ölüm ve yaşam– evrenin gerçek olan ama birbiriyle iletişim kuramayan farklı versiyonlarında gerçekleşir. Zaman ilerledikçe dallanıp budaklanma ve evren sayısı sonsuz ilerlemeyle artar.

olduğunu bilmez. Bu yolla "dünya" sonsuz kollara ayrılır. Bizim için "şimdi", sonsuz sayıda olası geleceklerin geçmişlerinde yatar. Olabilecek her şey bir yerde olur.

Bunu her dünyanın farklı özellikler taşıyan ayrı bir evren olduğu çoklu evrenlere uyarlamak kolaydır. Bu fikir ilk önce fizikte değil de bilimkurguda, Olaf Stapledon'un 1937 tarihli *Star Maker* adlı romanında ortaya atıldı: "Bir yaratık olası birden çok eylem seyriyle karşılaştığında, hepsini üstlenerek kozmosun birçok farklı tarihini yaratır. Çok sayıda yaratık olduğu için ve her bir yaratık sürekli olası birçok eylem seyriyle karşılaştığı için bu eylem seyirlerinin kombinasyonları sonsuzdur; her geçici dizilimin her anından farklı evrenlerin sonsuzluğu türer." Bu durum fizik kuramlarının olabildiğince basit olması gerektiğini öngören Occam'ın usturası ilkesini fena halde ihlal ediyor gibi görünüyor. Lakin çoklu dünyalar şemsiyesi altındaki paralel evrenler tek bir dalga fonksiyonunun parçasıdır, dolayısıyla temel kavram oldukça basittir.

Temel varlıkların farklı sayılarda uzay-zaman boyutlarına sahip olduğu ve bizim evrenimizdekinden bambaşka fizik yasalarını sergilediği M-kuramı diğer bir soyutlamadır. M-kuramındaki evrenlerin manzarası esasında sonsuzdur.[17] Tegmark daha da ileri giderek, çoklu evrenlerin mevcut fizik yasalarının versiyonlarına bağlı olmak zorunda olmadığını öne sürmüştür. Neden fizik yasalarının kitabını bir kenara atıp fiziksel gerçekliğin temeli olarak matematiğe bakmayalım! Bu satırları yazarken Gaspar'ın 35 yıl önceki keskin gözlerinden fırlayan sorgulayıcı bakışlarını anımsadım.

Fizik ile matematiğin uyuşması meselesindeki ikilik ta Yunan filozofu Platon ve onun öğrencisi Aristo'ya kadar gider. Modern bilimsel yönteme dönüşmüş Aristocu görüşe göre matematik sadece bir araçtır ve fiziğin tarif ettiği gerçekliğin yaklaşık bir ifadesidir. Platoncu görüşe göreyse, matematik asıl gerçekliktir ve gözlemciler onu kusurlu algılarlar. Bu sav akla aykırı gibi geliyor, çünkü matematiksel bir yapı uzay ve zamanın dışında var olan soyut ve sabit bir yapıdır. Tegmark uç Platoncu görüşü savunarak, bütün matematiksel yapıların fiziksel olarak da var olduğunu ve her bir matematiksel yapının paralel bir evrene karşılık geldiğini öne sürer.[18] Bu cesur tavır "Fizik yasalarının kaynağı nedir?" sorusunu "Matematiğin kaynağı nedir?" sorusuna çevirmiştir. Ama aynı zamanda yalnızca matematiksel olarak ifade edilebilen bir şeyin gerçek olabileceği yönünde can sıkıcı bir fikri de içermektedir.

Çoklu evren fikri gerçekten bilimsel midir? Bilimsel olabilmesi için ne bildiğimizi açıklaması ve yeni açıklama alanlarında benzersiz ve sınanabilir tahminlerde bulunması gereklidir.[19] Zayıf epistemolojik konumu göz önüne alındığında, çoklu evrenler fikrinin neden bu denli çok destek bulup ilgi gördüğü merak konusudur. Destek ve ilginin sebebi herhalde evrenin neden başka türlü değil de böyle olduğunu açıklayabilmesidir.

İki bölüm önce evrenin ince ayarlı olduğunu söylemiş ve çoğu özelliği şimdikinden farklı olsaydı bildiğimiz hayat olmazdı demiştik. Farklı kozmolojik parametrelere sahip veya farklı fizik yasalarına göre işleyen karşıolgusal evrenlerin uzun ömürlü yıldızları, kimyayı, gezegenleri veya hayatı barındırması pek muhtemel değildir. Söz gelimi, eğer karanlık enerji erken evrende çok daha güçlü olsaydı madde çabucak dağılıp herhangi bir yapının oluşmasına imkân tanımazdı. Aynı şey diğer pek çok fizik sabiti için de geçerlidir. Onları biraz değiştirirseniz atomlar oluşmaz veya kararlı halde olmaz, yıldızlar parıldamaz; evren kaotik madde ve ışıma hurdalığına döner, çorak ve hayattan mahrum kalır.

Evrenin "hayat için yaratıldığı" görüşü antropik ilkedir. Bu ilke, hayatı (aslında gözlemciyi, çünkü bakteriler ince ayarı açıklama ihtiyacı hissetmez) evrende ayrıcalıklı bir konuma yerleştirdiği için pek çok bilimci ve düşünür tarafından eleştirilmiş, tahminlerde bulunmadığı ve belirli bir amaç güttüğü için de eleştiri oklarına hedef olmuştur.

Gelin, savı irdeleyelim. Bir bakıma totolojiden ibaret. Var olmanıza şaşırmanız için bir neden yok. Ben şaşırmıyorum. Eğer evren karbon temelli akıllı yaşamın doğmasına elverişli özelliklere sahip olmasaydı, hiç birimiz burada olmaz, dolayısıyla da şaşırmazdık. Eğer size dağıtılan kâğıtların bir araya gelme olasılığının 600 milyarda 1 olduğunun farkına varan bir briç oyuncusuysanız, elinize bakıp şansınızın bu kadar az olmasına şaşırmanız gülünç olurdu.

Evrene atomlar ve yıldızların oluşumuna olanak tanıması açısından nasıl ince ayar yapıldığına dair gerçek bir tartışma sürmektedir. Genel bir biyoloji kuramı olmadan, evrenin tam da yaşam için nasıl incelikle ayarlandığı üzerine bir sav geliştirilemez. Ayrıca, Standart Model'in 19 parametresinin ve büyük patlama modelinin 10 civarında esas niteliğinin daha derinlikli temel bir kuramla ilintili olması muhtemeldir (en azından öyle umulmaktadır). Şayet bütün parametreler bağımsız değilse ince ayar abartılmış demektir.

Evrenimizin çok büyük bir topluluğun bir üyesi olması ihtimali antropik ilkeye yeni bir soluk getirdi. Çoklu evrenlerde fiziksel özellikler büyük ölçüde değişir ve bizler akıllı yaşama elverişli özellikler taşıyan ender evrenlerden birinde yaşıyoruz.[20] Bizim fizik yasalarımız aslında yaşamı kayıran "yerel yasalar"dır. Bizler kozmik bir piyangoyu kazananlarız.[21] Daha önce de dediğimiz gibi, evrenimizin yaşam dostu olması gerçeği şaşırtıcı değildir; bu sadece gözlemsel bir ayıklanmanın sonucudur. İnce ayarı ve varoluşumuzu çoklu evrenlerle açıklamak, ince ayarın bir Üstün Varlık veya Tasarımcı'nın göstergesi olduğunu savunan teistlerin savını bir güzel çürütmektedir. Öte yandan çoklu evrenler için bir kanıt bulunmadığı sürece bu hikâye yürümez. Açıklamaya susamış bilimci için, evrenin yaşam dostu olmasının derin anlam içermeyen bir rastlantı olma ihtimali can sıkıcı olabilir.

Yahut evren hiçbir zaman gerçek olmadığı için açıklanacak bir şey de kalmayabilir. Teizmin teknokrat versiyonu hepimizin bir bilgisayar simülasyonu, uç noktasına kadar gelişmiş bir video oyunu içinde yaşadığımızı söyler. Nick Bostrom bu senaryoyu parlayan gözlerle heyecanlı heyecanlı anlatır. Kendisi Oxford'da İnsanlığın Geleceği Enstitüsü'nün yöneticisidir ve resmi bir transhümanisttir. Transhümanizm insani yetileri geliştirme ve yaşamı belki de sonsuz uzatma fikrini savunan ve geliştiren geniş çaplı bir kültürel harekettir.

Bazı fütüristler biyolojik evrimin yerini nanoteknoloji ve ölçüme dayalı postbiyolojik evreye bırakacağı görüşündeler, ama Bostrom bu tür fikirleri mantıksal ve biraz da rahatsız edici sonuçlarına bağlayan bir düşünürdür. Bilgisayarın gücü ve hızındaki mevcut üstel ilerlemeden yola çıkarak mütevazı bir tahminde bulunacak olursak, bir yüzyıl içinde beynin elektrokimyasal karmaşıklığını silikona kopyalayabileceğimizi söyleyebiliriz.[22] Bu kapasiteye sahip herhangi bir uzaylı uygarlık insanın düşünce süreçlerinin bütün tarihini kolayca kopyalayabilirdi (buna "ata simülasyon" deniyor). Sade-

ce Samanyolu'nda hayata elverişli olan yaklaşık 100 milyon gezegen var ve bu gezegenlerin herhangi birindeki akıllı yaratıkların bizim gelişim evremize ulaşmaları veya onu geçmeleri için 12 milyar yıl veya daha uzun süre geçmiştir. Bu fütüristler muhtemelen bu kapasiteye sahip ilk veya tek uygarlık olmadığımızı savunuyorlar.

Bostrom en az biri doğru olması *gereken* üç önermeye dayalı mantıksal bir sav geliştirmiştir. Birinci önerme: Hemen hemen bütün uygarlıklar bizim gibi taklit yaratıklar yaratma kapasitesine ulaşmadan önce kendilerini yok etmişler veya nesilleri tükenmiştir. Bu aşamaya yaklaştığımız için kasvetli bir seçenek bu. İkinci önerme: hemen hemen bütün uygarlıklar yapabildikleri halde taklit yaratıklar yaratmamayı seçerler. Bu olasıdır, ama bu gezegendeki yılda 50 milyar dolarlık oyun pazarı insanın yapay varlıklar yaratma ve onları yönlendirmeye dönük güçlü arzusunu göstermektedir. Üçüncü önerme: Hiçbir şey gerçek değil, her şey bir yanılsama ve bizler aslında bir simülasyonun içinde yaşıyoruz.[23]

Üçüncü önermeyi çürütmek şaşırtıcı şekilde zor. Çok üstün bir canlı türünün yaptığı bir simülasyon *Matrix* filminde olduğu gibi hatalı olmazdı. Yaratıcılar istemediği sürece simülasyon ürünü olduğumuzu bilmemiz için bir neden yok. Sizin et ve kandan yapıldığınıza ve özgür iradeniz olduğuna ilişkin bir kanıya sahip olmanız simülasyonun bir parçası. Bilgisayarda yaşam formları oluşturmak biyolojik organizma oluşturmaktan daha kolay ve ucuz olduğundan, Kopernik İlkesi'ne göre, gerçek yaratıklardan çok daha fazla taklit yaratıklar vardır. Bu savın ciddi bir önermeden ziyade kışkırtıcı bir spekülasyon olduğu açık, ama çoklu evrenlerden veya gizli uzay-zaman boyutlarından daha mantıksız veya temelsiz olduğu söylenemez.

Belki de bizler *Truman Şov* tarzı bir simülasyonun içinde yaşıyoruzdur. Gelişmiş uygarlık bizim için fiziksel gerçekliğin yüzeysel tezahürünü sürdüren bir evren yarattı. Yeryü-

zü ve daha ötesinde ay ve Mars gibi birkaç yer bize sevgiyle sunuldu. Gezegenimiz bizim için düzenlendi ve yıldızlar ve galaksiler de bu sofistike göksel şovun bir parçası kılındı. Gerçeğe "yeterince çok" benzemesi gerekiyordu sadece. Diğer bir versiyon ise çok daha büyük bir kapasiteye sahip, öyle ki bebek evrenler meydana getirebilecek bir uygarlığı içermektedir. Büyük bir nükleer bomba 10^{17} jullük bir enerjiye veya bir kilogram maddenin durgun kütle enerjisine sahiptir. Son bölümde gördüğümüz gibi, 100.000 kat daha küçük bir kütleye denk bir kuantum dalgalanması vakumdan bir evren meydana getirebilir. Biz henüz bu teknolojiye sahip değiliz, ama birisi veya bir şey sahip olabilir. Eğer bir simülasyonun içinde yaşıyorsak, o zaman kozmik kökenler fikri tartışmalı hale gelir.

Ama şimdilik, hikâyemizi bitirmek için, varsayalım ki biz ve içinde yaşadığımız evren gerçek.

SONSUZ YARATIM

İtalya'daki tarihi mekânlarda geçitlerin ve girişlerin üzerinde iki kafalı bir adam figürüne sık sık rastlarsınız. Bu figür geçitlerin, başlangıçların, sonların ve zamanın tanrısı Janus'tur. İsmi bize yılın ilk ayını verir. İsminin kökü ise antik Ortadoğu'ya ve kuruluş çağındaki Roma'ya işaret eder. Janus arkaik tanrılar içinde en önemli tanrıydı. Sivil hayatta evlilikler, doğumlar, ekim-dikim ve hasat başlangıcında hep Janus anılırdı. Uygarlık ile barbarlığın, kırsal ile şehrin, gençlik ile olgunluğun ortasını temsil ederdi. Janus aynı zamanda hayatın, tanrıların ve evrenin başlangıcı gibi, daha soyut biçimde değişimi ve geçişi sembolize ederdi. Bir başı arkaya, diğeri öne bakan Janus şimdi başlangıç arayışımızın sonuna yaklaşırken bizimledir.

Çevremizdeki evren ışığının sönmesine daha on milyarlarca yıl olan zengin, aktif ve orta yaşlı bir evrendir. Geriye

dönüp baktığımızda formunun zirvesinde biraz takıntılı bir halde ustaca ve süratle imparatorluklar kuran birini görüyoruz. Daha geriye gittiğimizde, becerilerinin zirvesinde toyca planların ve mahmurluğun dingin günlerini yaşayan bir yeniyetmeye rastlıyoruz. Daha da geriye bakarsak, deneme yanılmayla hayatı tanımaya çalışan pürüzsüz ciltli bir çocuk görüyoruz. Nihayet evren bütün potansiyeli ve vaadiyle bir bebek henüz. Son (ya da belki ilk) hareketini yapan bebeğin dokunuşuyla kapı açılır.

Peki, neye açılır? Kömür karası karanlığa mı? Zaman içinde yolculuğa mı? Algılayamadığımız bir komşu evrene mi? Veya tek bir kapısı bulunan karanlık bir koridora mı? Belki de her iki yanında kapıların sonsuz bir sıra içinde dizildiği bir koridora mı? Ya da belki kapının ardındaki odanın üç yanında aynalar olduğu için sonsuz kapılar bir yanılsama mı?

Başlangıca yaptığımız yolculuğumuzda Planck dönemi kuramların çöktüğü ve spekülasyonun alanına girdiğimiz dönemdir. "Sürekli" şişen şeyin, çoğu ölü doğan, bazılarıysa büyüyerek madde ve ışımayla kaplı evrenlere dönüşen uzay-zaman baloncuklarıyla dolu bir deniz olduğu hipotezini öne sürerek büyük patlama kuramına incelik katar. Şişme kuramı evrenimizi açıklamada bazı başarılar kaydetmiştir, ama devamlı şişmenin bir kanıtı olmadığı gibi karanlık enerjinin varlığına ve büyüklüğüne dair bir açıklama da yoktur; keza bir saniyenin ilk minicik parçasında gerçekleşen hızlı genişleme ile evren 8 milyar yıl yaşına geldiğinde etkisini göstermeye başlayan ivmeli genişleme arasında bir bağlantı yoktur. Kapı rakip fikirler için ardına kadar açık.

1999'da Neil Turok ve Paul Steinhardt Cambridge'deki bir kozmoloji konferansında M-kuramı üzerine bir konuşma dinliyorlardı. Bu parlak genç kuramcıların aklına aynı anda aynı fikir geldi. Varsayalım ki evrenimiz daha üst bir brane'in içine gömülü üç boyutlu bir uzay olsun. Brane'ler genelde üst boyutlarda da hareket edeceklerdir. Peki, iki brane çarpıştı-

ğında ne olur? İki brane'in çarpışmasının gömülü üç boyutlu uzayın enerjisinin kaynağı olma ihtimali söz konusu mudur?

Bunlar zor hesaplamalar. Turok ve Steinhardt Londra'ya trenle giderken bu fikir üzerine konuşup bazı kaba hesaplamalar yaptılar (hiç kuşkusuz ellerinin altındaki bilgisayarları kullanarak) ve sohbetlerine o akşam gittikleri bir oyunda da devam ettiler. Oyun duruma uygun şekilde, Michael Frayn'ın 1930'larda kuantum kuramının gelişimini işleyen *Copenhagen* adında bir oyundu. Her iki kuramcı da şişme kuramında belirtilmemiş ilk koşullar ve büyük patlamanın hem uzayın hem de zamanın kökeni olarak kabul edilmesi konusunda rahatsızlık duyuyordu. Onlara göre bu durum kaba ve keyfiydi. Büyük patlama bir çıkmazdı, üzerinde "İçeri Girilmez" yazan bir kapıydı. Tahmin yürütmeyen ve kaypak buldukları antropik savlardan etkilenmemişlerdi.

Böylece başlangıcı ve sonu olmayan döngüsel bir evren düşüncesini canlandırdılar.[24] Döngüsel evren modeli ilkin 1930'larda öne sürülmüştü; genişleyen, çöken, sıçrayan ve sonsuza dek böyle devam eden sınırlı bir evren. Aradan çok zaman geçmeden Richard Tolman bu modelin kusurlu olduğunu belirtti. Her sıçrama daha çok ışıma ürettiğinden evren daha fazla madde içeriyordu. Einstein'ın görelilik kuramına göre her sıçrayış öncekinden daha büyük oluyor ve daha uzun sürüyordu. Geçmişe doğru gittiğimizde her bir sıçrayışın süresi giderek kısalıp sıfıra varıyordu. Dolayısıyla evrenin sınırlı bir yaşı vardı ve büyük patlama kaçınılmazdı. 1980'lerde astronomlar genişlemenin üstesinden gelip süreci tersine çevirmek için yeterli maddenin olmadığını göstermiş ve böylece döngüsel evrenin tabutuna son çiviyi çakmış gibi görünüyorlardı. Fakat Turok ve Steinhardt eğer üç boyutlu dünyamız ilave bir boyutla uzaya gömülmüş bir yüzey veya brane ise, o zaman evrenin çoğu özelliği açıklanabilir diye düşünüyorlardı.

Açıklama şu şekilde olabilir: Sicim kuramı iki brane'in minik bir boşlukla (üst bir boyut içinde) birbirinden ayrılması

halinde parçacık fiziğini gayet güzel açıklamaktadır. Bu durumda iki brane arasındaki gerilim karanlık enerji gibi bir kuvvet olur. Kuantum dalgalanmaları brane'leri büzüştürür ve böylece yapı oluşumunun tohumlarını sağlar. Brane'ler şiddetli bir çarpışma sonucunda bol miktarda ışıma ve parçacık üretir. Brane'ler bir araya geldiğinde aralarındaki gerilim ve dolayısıyla karanlık enerji küçüktür, ama brane'ler ayrılırken karanlık enerji de büyüyerek bugün bizim gözlemlediğimiz ivmeli bir genişleme içinde evreni esnetir. Brane'ler birbirine yaklaştıkça evreni genişletmeye devam ederlerken sonraki çarpışmaya doğru ilerlerler; bu da evrenin neden düz ve pürüzsüz olduğunu açıklamaktadır. Sonra brane'ler tekrar çarpışarak evrenimize yeniden madde ve ışıma katarlar. Bir döngü yaklaşık 1 trilyon yıl sürer. Bu modelde karanlık enerjinin gücü azalır; birçok döngüden sonra bugün bizim bildiğimiz düşük düzeye ulaşır.

Bu da bir başka zekice işte böyleyken böyle oldu hikâyesi mi? Döngüsel evren modeli evrenin şişmeyi tetikleyen birçok özelliğini açıklıyor. Tekilliklerden uzak duruyor ve büyük patlama yok. Öte yandan, brane'leri sicim kuramı öngörüyor, dolayısıyla eğer sicim kuramı çürütülürse döngüsel evren de çürütülmüş olur ve sicim kuramında brane'ler çarpıştığında ne olacağını hesaplamak çok zordur. Yine de kuram tahminlerde bulunmakta ve erken evrenden kalan ve uzay ve zamanda dalgalanan kütleçekim dalgalarının gözlemlenmesiyle test edilebilmektedir. Şayet şişme doğruysa Planck mikrodalga uydusu ve diğer deneyler kütleçekim dalgalarını saptamalıdır. Eğer çarpışan brane modeli doğruysa bu deneylerde hiçbir şey bulgulanmaz.

Eğer evren ebediyse hem uzay hem de zaman içindeki önemsizliğimizi idrak edeceğiz. Kadim hakikatleri hatırlayacağız. Hindu ve Budist geleneklerde Veda metinleri döngüsel bir evreni anlatır ve zaman ölçümlerini ortaya koyar. Bir Brahma "günü" veya *kalpa* 4,3 milyar yıldır ki bu da evrenin

yaşına yakındır. Bir Brahma "yılı" veya büyük *kalpa* 3 trilyon yıldır ve bu da çarpışan brane modelindeki zaman döngüsüne karşılık gelir. Brahma 100 kat daha uzun, 300 trilyon yıl gibi akla hale sığmayacak bir süre yaşamasıyla meşhurdur.

Bazen Kuzey Hindistan'a gidip Budist keşişlere kozmoloji öğretiyorum. Programım Dalai Lama'nın keşişlerinden modern dünyanın bilimini öğrenmelerini istemelerinden ilham alınarak hazırlandı. Keşişler kibar, şüpheci ve özverili öğrenciler. Onlar benden ne kadar çok şey öğreniyorlarsa ben de o kadarını onlardan öğreniyorum. Bir keresinde, evrenin yaşından konuşuyorduk ve astronomların bile upuzun zaman dilimlerini anlamakta zorlandığını söyledim. Kıdemli bir keşiş veya Geşe, Buda'nın ölçülebilir en uzun zamanı nasıl tarif ettiğini anlattı. Rivayete göre, Buda şöyle demiş: 10 km yüksekliğinde bir granit dağ düşünün. Bir güvercin yılda bir kez onun yanından uçarak, kanatlarıyla ona hafifçe değiyor. Brahma'nın hayatı o güvercinin dağı aşındırma süresi kadardır işte.

Buda aynı zamanda her şeyin akış içinde olduğunu söyler; bugün doğru bildiğiniz yarın doğru olmayabilir. Bilimadamlarının evrenle ilgili en zor sorulara cevap verip veremeyeceklerini bilmiyoruz. "Gerçeklikle boy ölçüşen bilimimiz ilkel ve çocuksu kalıyor; yine de o sahip olduğumuz en değerli şey." Biz genç bir türüz ve bilimimiz de henüz emekleme döneminde. Bizler karanlıktan korkmayacak kadar büyüdük, ama karanlığı tamamen anlayabilecek kadar zeki değiliz. Yolculuğumuz daha yeni başlıyor.

* * *

Sayıklama nöbetleri başladı. Alnımdan akan boncuk boncuk terlerle yatağımda uzanıyorum. Soluklarım yavaşlıyor. Kuş cıvıltılarını duyabiliyorum, su borularının ve uzaktaki trafiğin uğultusu geliyor kulağıma. Burada ve şimdi yavaşça canlılığı özümsüyorum.

Rüyamda Oz'dan daha fantastik yerlerde bulundum. Gökkubbenin ötesine, denizleri teskin eden Ay'ın ötesine, Güneş'in çevresinde dolanan Dünya'nın yörüngesinin ötesine, Güneş'in Samanyolu'ndaki dolambaçlı güzergâhının ötesine gittim. Gerek ölü gerekse canlı dünyaları, sayılamayacak kadar çok galaksiyi ve kara deliklerin kıyısında maddenin can çekişmesini gördüm. Kozmik ateş topunun içine girme cesareti gösterdim ve maddenin doğuşuna tanık oldum. Yapının temel parçacıklara çözündüğünü ve uzay ve zamanın tanınmayacak kadar yumrulaştığını gördüm.

Geri döndüğümde duyularım açıldı ve deneyimlerim beni bugüne ve önümdeki pek çok güne taşıyacak zenginlikte. 70 kiloluk kan, kıkırdak ve etten oluşan bir bedenle düşünüyorum. Bu evreni, bu uzayı, bu zamanı, bu hayatı sımsıkı kavrıyorum.

NOTLAR

1. DOĞUMDA AYRILIK

1. Bu hassas doğruluk sadece süper hızlı elektronik bilimine değil, ayrıca daha da hassas bir doğrulukla zamanı ölçebilmeye dayanmaktadır. 1967'den beri saniye, sezyum-133 atomunun taban durumunun aşırı ince geçişinden doğan 9.192.631.770 ışıma dalgasının süresi olarak tanımlanmaktadır. En iyi atom saatleri 10^{16}'da birkaç birimlik yanılma payına sahiptir ve 10^{12}'de birkaç birimlik yanılma payıyla zamanlama deneylerini kolaylıkla ayarlayabilmektedir.
2. Tüm endişelere rağmen *Satürn V* roketi neredeyse kusursuz çalıştı. 13 başarılı fırlatma gerçekleştirildi ve Ay'a insanlı ilk Apollo uçuşundan önce sadece iki fırlatma yapıldı. NASA projeyi geliştirme aşamasında 20.000 özel firmayla beraber 300.000 insanı organize etmek zorunda kaldı; alengirli işin teknik zorluklarının eşi benzeri yoktu. 10 yılda kurumun fırlatma kapasitesi 10.000 kat artırıldı. Adeta Wright kardeşler bu on yılda o ilk uçuşlarından sesten hızlı uçağa terfi etmişler gibiydi.
3. Apollo programının yarattığı heyecan kasırgasını Andrew Chaikin, *A Man on the Moon: The Voyages of the Apollo Astronauts* (New York: Penguin, 1994) adlı kitabında güzelce anlatır. Olayın astronotlar açısından değerlendirilişi için bkz. *The Last Man on the Moon: Astronaut Eugene Cernan and America's Race in Space* (New York: St. Martin's Press, 1999, Eugene Cerman ve Don Davis; ayrıca *Carrying the Fire: An Astronaut's Journeys* (New York: Farrar, Strauss, and Giroux, 2009), Michael Collins ve Charles Lindbergh. Yolculuğun ayrıntılarına girmeyen hikâyesini merak edenler için bkz. *Apollo: The Definitive Sourcebook* (Berlin: Praxis, 2006).
4. J. Bogoshi, K. Naidoo ve J. Webb, "En Eski Matematiksel Yapı", *The Mathematical Gazette* 71, no. 458 (1987), s.294.
5. M. Rappengluck, "Paleolithic Timekeepers Looking at the Golden Gate of the Ecliptic", *Earth, Moon, and Planets* 85 (1999), s. 391.

6. C. Cheng, "Çin Kozmolojisinde Nedensellik Modeli: Karşılaştırmalı Bir İnceleme", *Philosophy East and West* 36, no. 1 (1976), s. 3.
7. E. G. Richards, *Mapping Time: The Calendar and its History* (Oxford: Oxford University Press, 2000).
8. Dünya dinlerinin ayı kullanması zararsız gibi görünebilir ama yine de kışkırtıcı bir etkisi vardır. Ay takvimiyle ilgili meseleler Hıristiyanlığın geçen yüzyıllar zarfında ortodoks Yahudiliğin ve Doğu Ortodoks Kilisesi'nin benimsediği ilkelerden dönmesine yol açmıştır ve bazı Hıristiyan âlimler Müslümanların tanrısının pagan "ay" tanrısı olduğunu savunarak onları tahrik etmiştir. Bütün tektanrılı dinler insanları kendine çekmek için panteist ve pagan inanç sistemlerini bünyesine katacak kadar esnek olduğundan bu savlar öfke uyandırmaya devam edecek gibi.
9. Aristarkos ayın yarı aydınlık olduğu evresinde Güneş ile olan açısının daha zor gözlemine dayanan bir yöntemle Dünya, Ay ve Güneş'in nispi büyüklüklerini hesaplamıştı. Güneş'e olan uzaklığı ve Güneş'in büyüklüğünü gerçeğinden daha az değerlerle tahmin etmişti ama yine de Güneş'in Dünyadan çok daha büyük ve muhtemelen daha ağır olduğunu çıkarsayabilmişti. Ondan kısa bir süre sonra, Eratostenes Dünyanın büyüklüğünü tahmin etmek için geometriye başvurdu. Böylece eski Yunanlar Güneş-Dünya-Ay sistemine dair modern bir görüş oluşturmak için gerekli bütün şu unsurları topladılar: onların küre olduğu, büyüklükleri ve mesafeleri ve Güneş'in sistemin merkezinde olma ihtimali.
10. E. Chudler, "The Power of the Full Moon. Running on Empty?", *Tall Tales About the Mind and Brain: Separating Fact from Fiction*, ed. S. Della Sala (Oxford: Oxford University Press, 2007), s. 401.
11. J. Rotton ve I. Kelly, "Much Ado About the Full Moon: A Meta-Analysis of Lunar-Lunacy Research", *Psychological Bulletin* 97, sayı 2 (1985), s. 286.
12. D. J. Stevenson, "Origin of the Moon: The Collision Hypothesis", *Annual Review of the Earth and Planetary Sciences* 15, (1987), s. 271.
13. E. Belbruno ve J. B. Gott, "Where Did the Moon Come From", *The Astronomical Journal* 129, no. 3 (2005), s. 1724.
14. J. Touma ve J. Wisdom, "Evolution of the Earth-Moon System", *The Astronomical Journal* 108, no. 5 (1994), s. 1943.
15. Mutlu tesadüf tarihi kimlerin yaptığına karar vermede rol oynamıştır. Apollo astronotlarının uçuş şefi olan astronot Deke Slayton dönüşümlü mürettebat sistemini işletiyordu. Neil Armstrong daha önce *Apollo 8*'in yedek komutanlığını yaptığı için *Apollo*

11'in komutanı oldu. Aslında Slayton bu işi, *Apollo 8*'in epey deneyimli komutanı Frank Borman'a teklif etmişti, ama Borman takım oyuncusu olduğundan teklifi reddetti. Ayrıca karısı uçuş yaparak hayatını tehlikeye atmasını istemiyordu. Jim Lovell iki kez aya gittiyse de Ay yüzeyine hiç ayak basmadı. Dokuz Apollo astronotu 1972'de programın iptal edilmesi nedeniyle aya hiç gitmedi. *Apollo 13* mürettebatı kazadan kıl payı kurtulurken, programdaki tek zayiat, fırlatma rampasında çıkan yangında *Apollo 1*'in üç mürettebatının ölmesi oldu.

16. Francis French ve Colin Burgess, *In the Shadow of the Moon: A Challenging Journey to Tranquility* (Lincoln: University of Nebraska Press, 2007).
17. Apollo programının gerçek olduğuna dair bir yığın kanıtı inkâr edip, eldeki verilerin başka türlü yorumlanmasına olanak tanıyor görünen birkaç hususa dikkat kesildikleri için aya gidildiğini kabul etmeyen kişilerle tartışmak boşunadır. NASA, *Apollo 11* uçuşunu gösteren televizyon kaydının büyük bir kısmını kazaen silince komplo kuramcılarına gün doğdu. İnkârcıların savlarını çürüten en kapsamlı veriler Phil Plait'in "Bad Astronomy" blogunda yer almaktadır. Bu blog şimdi *Discovery Magazine* sitesinde yer almaktadır.
18. Charles Murray ve Catherine Cox, *Apollo: The Race to the Moon* (New York: Simon and Schuster, 1989).
19. Çığır açıcı her teknolojide olduğu gibi, ancak cesur ve zengin insanlar pahalı ve tehlikeli projelere katılmaktadır; ticari havacılığın ilk on yılında da böyle olmuştur. Ama ölçek ekonomisi etkisini gösterip teknoloji geliştikçe çok daha geniş bir kitle bu işin altından kalkmaya güç yetirir hale gelecektir. Spaceport Associates 2006'da bir web araştırması ("Serüvenci Araştırması") yaptı. Çıkan sonuca göre Amerikalıların sadece yüzde 5'i şimdiki fiyat düzeyindeki yörünge veya yörünge altı uçuşlarla ilgilenmekte, ama neredeyse herkes eğer yörünge altı uçuşun bedeli 25.000 dolara inerse uçmayı düşünmektedir. Arizona Üniversitesi'nde birinci ve ikinci sınıflara ders verirken, bir araştırma yaptım ve hayatında bir kez olsun 50.000 dolara yörünge altı uçuşuna çıkabileceğini söyleyen öğrencilerin sayısından yola çıkarak, uzay turizmi için sadece ABD'deki üniversite öğrencilerinden toplanacak paranın yılda 30 milyar dolar olduğunu hesapladım. Yıllık DVD satışını ve sinemaların gişe hasılatını geçen bu rakam uzay yolculuğunun kitle eğlencesi için kârlı bir pazar olma potansiyelini taşıdığını göstermektedir.

2. GEZEGENLERE YOLCULUK

1. Felix Baumgartner sesten hızlı bir uzay gemisi kıyafeti içinde 120.000 fitten paraşütle serbest atlamayı planlıyor. "Korkusuz Felix" dünyanın en yüksek binasından ve en yüksek köprüsünden paraşütle atlaması ve özel olarak tasarlanmış bir lifcam kanat takarak Manş Tüneli'ni paraşütle geçmesiyle ün yaptı. Azılı rakibi Michel Fournier uzayda atlayışa hazırlık olsun diye 100'ünü 25.000 fitten yüksekten olmak üzere 8000 paraşüt atlayışı yapmış biridir. Uzay gemisi *Columbia*'nın Texas'ın 65 km üstünde saatte 25.000 km hızla uçarken infilak etmesi ve yedi kişilik mürettebatın tamamının ölmesi yakın uzayın tehlikelerine işaret eden acı verici bir anıdır. Yine de İsrailli astronot Ilan Ramon'un sayfalar dolusu günlüğü her nasılsa kazadan zarar görmemiştir ve şimdi Kudüs'teki bir müzede sergilenmektedir.
2. NASA yaklaşık bir düzine merkezden oluşan labirent gibi bir kurumdur ve uçuşlarla ilgili bilgiler de aynı şekilde dağınık ve bölük pörçüktür. Bütün uluslararası aktörlerin de dahil olduğu uzay sondalarıyla ilgili bilgilerin tek kaynağı Wikipedia'daki "Güneş Sistemi Sondalarının Listesi"dir.
3. Uzay yolculuğu ve mühendisliğinin birçok alanında Ruslar öncüdür. Yuri Kondratyuk Birinci Dünya Savaşı sırasında orduda genç bir subay olarak görev yaparken, gezegenler arası uçuşla ilgili fikirlerini kaleme aldığı dört defteri doldurdu. Modüler uydular ve uzay araçlarıyla ilgili önerileri sonunda Apollo programında hayata geçirildi. 1919'da yazdığı "Gezegenler Arası Bir Roket Yapmak İçin Bu Yazıyı Okuyacak Olana" adını taşıyan yazısı kütleçekiminden faydalanma fikrini içeriyordu. Bu fikir ilk kez 1959'da Sovyet sondası *Luna 3* Ay'ın uzak tarafının fotoğrafını çekerken hayata geçirildi.
4. Voyager yardım paketlerinin her biri aracın güzergâhı üstünde karşılaşabileceği herhangi bir uzaylı uygarlığa mesaj olsun diye tasarlanmış birer "altın plak" içeriyordu. Carl Sagan'ın öncülüğündeki bir ekip Dünya'ya ait görüntüleri, müziği ve çeşitli sesleri seçerek fonograf plaklarına kaydettiler. Bazıları Dünya'da neredeyse köhnemiş bir teknolojiyi göndermenin ilerici bir fikir olmadığını savunuyorlar, ama ekip haklı olarak bunun aksini kanıtlayıp, modern dijital teknolojinin –CD, DVD, hard disk ve bellek aygıtı– uzun ömürlü olacağının garantisinin bulunmadığını ama bir altın plağın analog bilgiyi milyonlarca yıl muhafaza edebildiğini geçtiğimiz günlerde açıkladılar. Bkz. C. Sagan, F. Drake, A. Druyan, T. Ferris, J. Lomberg ve L. Salzman, *Murmurs of Earth: The Voyager Interstellar Record* (New York: Random Ho-

use, 1978). *Voyager 1* gezegenlerin "aile fotoğrafını" çekmiş ve Satürn'ün halkalarının arkasında kalan Dünya'nın fotoğrafını çekerek Carl Sagan'a "soluk mavi nokta" tabirini ilham etmiş olan bir sondadır.

5. Hemen hemen her insan kültürü, her ne kadar Dünya'da 4 (Orta Amerika) ve 10 gün (Mısır) arasında değişse de, gün ile ay arasında astronomik döngülere göre ayarlanmış ara zaman dilimi kullanmıştır. Batı'daki 7 günlük hafta geleneği MÖ altıncı yüzyılda Babil'de esir tutulan Yahudilerle başladı. Beş gezegene verilen isimler Roma tanrılarına dayanıyordu, çünkü bizim takvimimiz Jül Sezar döneminde hazırlanmıştır ve o zamandan beri de pek değişmemiştir. Roma dillerinde (ve Hintçe, Japonca ve Korecede) gezegen isimleri açıktır, ama İngilizcede dört Roma isminin yerini Norveç tanrısı almıştır: Tiw, Woden, Thor ve Freya.
6. C. S. Littleton, *Mythology: The Illustrated Anthology of World Myth and Storytelling* (Londra: Duncan Baird Publishers, 2002).
7. Galileo'nun çağdaşı Simon Marius Galileo'dan haftalar önce uydulardan en az birin keşfettiğini savunur, ama bu iddiası doğrulanamamıştır. İlginç bir şekilde, Çinli bir tarihçi, Gan De'nin Jüpiter'in uydularından birini MÖ 364'te, yani Galileo'dan 2000 yıl önce gördüğünü öne sürer. Galileo uydularının dördü de prensipte çıplak gözle görülebilecek kadar aydınlıktır. Bunun için akıllıca bir yöntem olarak gezegeni örtmek için yörünge düzlemine dik bir ağaç dalı kullanmak yeterlidir. Gan De Yunan astronom Hipparkos'tan asırlar önce bir yıldız kataloğu hazırlamıştı.
8. J. Kelly Beatty, Carolyn Petersen ve Andrew Chaikin, *The New Solar System* (Cambridge: Cambridge University Press, 1999), ve ayrıca M. Woolfson, "Güneş Sistemi'nin Kökeni ve Evrimi", *Astronomy and Geophysics* 41 (2000), s. 1.
9. 2006'da Uluslararası Astronomi Birliği'nin tanımladığı gibi, gezegen, Güneş'in etrafında bir yörüngede dolanan (en büyük uyduları devre dışı bırakıyor), hidrostatik dengeyi sağlamaya elverişli miktarda kütleye sahip olan (yani küre benzeri bir şekli olan) ve yörüngesinin çevresinde "kendisine bir muhit açmış" cisimdir. Plüton üçüncü ölçütü sağlamıyor. Bu tanım astronomlar arasında bile kabul görmüş değil. Neptün'den ötedeki –Eris dahil– birçok cismi keşfetmiş Caltech enstitüsünden kâşif bir kitap yazdı: Mike Brown, *How I Killed Pluto and Why It Had It Coming* (New York: Spiegel and Grau, 2010).
10. Radyometrik tarihlendirme yöntemini kullanmak ana nüklit ve yavru ürünün, oluştuktan sonra materyale girmemesini ve materyalden ayrılmamasını öngörür. Jeolojik açıdan aktif materyal-

de yöntemi tehlikeye atan kirlenme ve değişimler zaman içinde gerçekleşebilir. Buna karşı önlem olsun diye, kaya kütlesinden alınan çok sayıda numune kullanılır ve farklı izotoplar için birçok bozunma yolu ölçülür. Batı Grönland'dan alınan bir gnays 12 farklı numune üzerinde beş farklı yönteme tabi tutuldu, ve 36-40 milyon yıllık bir yaşta karar kılındı: G. B. Dalrymple, *The Age of the Earth* (Stanford: Stanford University Press, 1991).

11. S. A. Bowring, "Priscoan Orthogneisses from Northwestern Canada", *Contribution to Minerology and Petrology* 134 (1999), s. 3.
12. S. A. Wilde, J. W. Valley, W. H. Peck ve C. M. Graham, "Evidence from Detrital Zircons for the Existence of Continental Crust and Oceans on the Earth 4.4 Gyr Ago", *Nature* 409 (2001), s. 175.
13. Son bölümün sonunda anlatılan hayali hikâyeye atfen, NASA'nın an örneğinin "değeri", Apollo uçuşlarının şimdiki maliyeti, getirilen taş örneklerinin ağırlığına bölünerek tahmin edilebilir. Geri dönüp o taşlardan daha fazla alacak durumda olmadığımız için aslında paha biçilmez bu taşların değeri hesabımıza göre gram başına 1500 dolardır. Dolayısıyla dünyadaki "bedava" numuneler için çok ağır bir bedel ödeniyor. Yazarınız bendeniz binlerce dolar değerinde 2 ila 3 gramını yemiş olabilirim. Elmas havyarı veya safran gibi en pahalı yiyeceklerle kıyaslandığında gram başına 10 ila 20 dolarlık bedeli oluyor.
14. M.D. Norman, L.E. Borg, L.E. Nyquist ve D.D. Bogard, "Chronology, Geochemistry, and Petrology of a Ferroan Niritic Anorthosite Clast from Descartes Breccia 67215: Clues to the Age, Origin, Structure, and Impact History of the Lunar Crust", *Meteoritics and Planetary Science* 38 (2003), s. 645.
15. J. Baker, M. Bizzarro, N. Wittig, J. Connelly ve H. Haack, "Early Planetesimal Melting from an Age of 4.5662 Gyrs for Differentiated Meteorites", *Nature* 436 (2005), s. 1127.
16. T. Montmerle, J.-C. Augereau, M. Chaussidon, M. Gounelle, B. Marty ve A. Morbidelli, "Solar System Formation and Early Evolution: The First Hundred Million Years", *Earth, Moon, and Planets* 98 (2006), s. 299.
17. Oluşum modelleri, Güneş'in, 1300 ışık yılı uzaklıktaki Orion nebulasına ve onun gömülü yıldız kümesine benzeyen birkaç binlik yıldız kümesinin bir parçası olarak oluştuğunu öne sürüyor. Bir yıldız kümesinde en masif yıldızlar sadece birkaç milyon yıl yaşar, dolayısıyla onların ölümü civardaki gaz bölgelerinin çökerek yeni yıldızlar oluşturmasını tetikler. Dış Güneş Sistemi'nin içeriği ve yapısı, oluşumdan hemen sonra yıldızların büyüklüğünden etkilendiğini işaret etmektedir. 100 milyon

yıl içinde oluşum yerlerinden kayar, dolayısıyla baştaki yıldız kümesinin kanıtı kaybolur; söz gelimi bkz. S.F. Portegies Zwart, "The Lost Siblings of the Sun", *The Astrophysical Journal* 696 (2009), s. 113. Öte yandan süpernova "tetikleme" kuramı bazı sorunlarla malul ve ilerideki *Genesis* uçuşuyla test edilecek.

18. Karasal gezegenler ve gaz devleri arasındaki sınır çizgisi keyfi değildir; "don hattının" her iki yanındaki bir bölünmedir bu. Don hattının içinde karbon dioksit, metan ve su gibi uçucu maddeler sıvı veya buhar haldedir ve dışarıda katıdırlar. Don hattının ötesindeki soğuk bölgelerde kaya ve buzdan oluştukları için embriyolar daha büyük olur ve büyük gazlı atmosferleri daha kolay toplarlar.
19. İki gezegen veya uydunun yörüngeyi turlama sürelerikküçük tamsayılarla bağıntılı olduğu zaman bir rezonans oluşur. Bunu gürültülü gezegenler müziğinin onların hareketinin armonisinin bir sonucu olduğu, Pisagor'un "küreler armonisinin" bir versiyonu olarak düşünebilirsiniz. Bazı rezonanslar kararsız ve geçiciyken, diğerleri kalıcıdır. Güneş Sistemi'nde rezonans Asteroit Kuşağı ve Satürn halkalarındaki boşlukları; Jüpiter'in uyduları Io, Europa ve Ganymede'nin bağıntılı yörünge periyotlarını; Neptün'ün Plüton'un yörüngesini kararlı hale getirmedeki rolünü, ve diğer birçok örtük özellikleri açıklar. Rezonans aynı zamanda neden gezegenlerin yörüngelerindeki çerçöpü temizleyerek gezegen tanımının bir ölçütünü yerine getirdiklerini de açıklar.
20. H. Levison, A. Morbidelli, C. Van Laerhoven, vdl. "Origin of the Structure of the Kuiper Belt During a Dynamical Instability in the Orbits of Uranus and Neptune", *Icarus* 196 (2007), s. 258.
21. David Portree, "Humans to Mars: Fifthy Years of Mission Planning", *NASA Monographs in Aerospace History Series*, no. 21 (Washington, DC: NASA, 2001).

3. UZAK DÜNYALAR

1. Yunan kozmolojisinin harcı, Dünya'nın evrenin merkezinde hareketsiz durduğu yönündeki Aristocu görüşle karılmıştır. Öte yandan Yunanlılar yıldızları taşıyan kristal kürelere hızlı hareket atfetmekte bir beis görmediler. Bir milyon mil mesafede yörüngesinde günde bir tur atan yıldız küresi saatte çeyrek milyon millik bir hızla dolanıyordu.
2. Künyesiyle beraber adı "Muhammed bin Ömer bin Hüseyin bin Hüseyin bin Ali et-Teymi el-Bekri'dir. Bu Sünni teolog hukuk, içtihat, ilahiyat, gramer, tarih, etik, metafizik, mantık, matema-

tik, astronomi, fizik, psikoloji, tıp ve astroloji ve simya gibi gizli ilimlerde engin bilgisiyle Aristo'ya rakip çıkmış, hatta onu gölgede bırakmıştı.

3. Yıldız yapısı kuramını ilk geliştiren İngiliz astrofizikçi Arthur Eddington bu meseleye "balinalar ve balıklar" adını koymuştu. Bir denizde küçük balıklardan daha büyük olan balina gibi canlıları kolaylıkla görebilir ve uzak mesafelerden seçip sayabilirsiniz. Aynı şekilde, çevremizdeki uzay da aydınlık ve masif yıldızlardan çok daha fazla sayıda sönük cüce yıldız barındırır, ama parlak masif yıldızlar kolaylıkla görülebildiği için çok geniş bir alanda onları gözlemleyebiliriz. Dolayısıyla Güneş'e en yakın 50 yıldızın yüzde 90'ı ortalama 12 ışık yılı mesafesinde soğuk ve kırmızı cücedir. En parlak 50 yıldızın yüzde 90'ı ise Güneş'ten daha büyük olan dev, süper dev veya ana sekans yıldızıdır ve bunların ortalama mesafesi 200 ışık yılıdır. Bundan dolayı iki kategori arasında hiç örtüşme olmaz.
4. Yüz yıl önce paralaks avı sapma adı verilen diğer bir önemli ama alakasız olgunun keşfine yol açtı. 1727'de James Bradley, Londra yakınındaki Kew yöresindeki evinin bahçesine dikey yönlü bir transit teleskop kurdu ve parlak bir yıldızın konumunun mevsimsel salınımını gözlemledi. Bu salınıma yol açan şey ışığın sınırlı hızı ve Dünya'nın Güneş çevresindeki hareketidir. Yağmurun altında durduğunuzu hayal edin. Rüzgâr yok ve tam başınızın üstünde bir şemsiye tutuyorsunuz. Eğer ileriye doğru yürümeye başlarsanız yağmurun başınıza gelmemesi için şemsiyeyi hafif öne kaydırırsınız. Sizin ileriye doğru yürümeniz, yağmurun tam tepenizden değil de önünüzdeki bir noktadan gelmesine yol açar. Benzeri bir etki yıldız ışığının sapmasına neden olur, ama Dünyanın hızı ışık hızına kıyasla küçük olduğu için sapma etkisi de küçük olur. Sapma gözlemlenip anlaşıldıktan sonra astronomlar paralaks araştırmasına yeniden başladılar. Sapma, Dünya'nın Güneş çevresinde döndüğünü göstererek Kopernik modelini desteklemektedir.
5. Astronominin en önemli mesafe birimi paralaksa dayanır. Parsek, üçgenin tabanının Dünya'nın yörüngesi, minik tepe açısının da bir yay saniye olduğu bir yıldız uzaklığı diye tanımlanır. 3,26 ışık yılına, 31 trilyon kilometreye veya 19 trilyon mile eşittir. Proxima Centauri ölçülen en büyük paralaksa sahiptir: 0,769 yay saniye, yani 1,3 parsek ya da 4,2 ışık yılı. Uzaklık paralaks açısıyla ters orantılıdır.
6. Yunanlılar Güneş'in paralaks açısını ölçerek değişik zamanlarda Dünya ile Güneş arasındaki mesafeyi buldular, ama en

doğru ilk ölçüm, Dünya'nın birçok yerinden gözlemlenebilen, Venüs'ün Güneş'in önünden geçişi kullanılarak yapıldı. Edmund Halley 1716'da bu yöntemi önerdi ama 1761 ve 1769 yıllarında Venüs'ün geçişlerinde yöntemin başarıyla uygulanmasını görmeye ömrü yetmedi.

7. Doppler etkisi ışıkta (veya herhangi bir dalgada) görece hareketin yol açtığı dalgaboyu kaymasıdır. Gözlemciden uzaklaşan bir yıldızın ışığı kızıla kayar; gözlemciye doğru ilerleyen bir yıldızın ışığıysa maviye kayar. Kesirli dalgaboyu kayması ışık hızının bir parçası olarak yıldız hızına eşittir. Doppler etkisi ancak gözlemciye doğru veya gözlemciden uzaklaşan bir hareket varsa gözlemlenebilir, dolayısıyla eğer bir gezegen bir yıldızın çevresindeki yörüngesinde dolanıyorsa orada bir kayma gözlemlenmez. Varsayalım ki gezegenler Güneş'in çevresinde bize göre gelişigüzel yönlerde dolanıyorlar, o zaman bir miktar Doppler etkisi gözlemlenir ve ortalama gözlem gezegenin hızını (dolayısıyla kütlesini) 2 kat düşük tahmin eder.
8. Radyoastronomlar bazen öfkeyle optik astronomlara 1992'de keşfedilen ilk harici gezegenlerin bir milisaniyelik pulsarın çevresinde dolandığının saptandığını hatırlatırlar. İkisi süperdünya ve biri de aydan küçük bir gezegendi. Çevresinde döndükleri yıldız ölü olduğu ve oluşum mekanizmaları bilinmediği için "hakiki" gezegen olarak görülmediler, ama mütemadiyen keşfedilen harici gezegenlerin sayısının giderek arttığı hesaba katılırsa onları ilk keşif olarak değerlendirmek yerinde olur. A. Wolszczan ve D. Frail, "A Planetary System around the Millisecond Pulsar PSR 1257+12", *Nature* 355 (1992), s. 145.
9. Soğurma çizgileri yıldızın hızını çok doğru ölçmek için bir referans noktası sağlar. Böyle olsa bile, harici gezegenlerin saptanması olağanüstü bir durgunluğun spektrograflarını gerektirir, çünkü herhangi bir minicik dalgaboyu kayması veya hatası gönderilen sinyali örter. Aslında bir yıldızdaki soğurma çizgileri yeterince dar olmayıp yıldız içindeki gaz hareketleriyle genişletilir. Bu sorunun üstesinden bol miktarda ışık toplanarak gelinir, böyle çizgi merkezi çizgi genişliğinin küçük bir parçası içinde saptanabilir. Belki de en önemli yenilik teleskopun optik yolunun üzerinde, iyot veya başka bir elemente ait soğurma çizgilerini kaydeden bir gaz hücresinin geliştirilmesi oldu. Böylece sıfır hızı tanımlamak için düzgün ve istikrarlı bir referans sağlanmış oldu.
10. M. Mayor ve D. Queloz, "A Jupiter-mass Companion to a Solar-type Star", *Nature* 378 (1995), s. 355.

11. Harici gezegenlerin geçişi 10 santimlik teleskoplar kadar küçük teleskoplarla bile gözlemlenmiştir ve amatör astronomlar bu araştırmada önemli bir rol oynamaktadır. Jüpiter benzeri sıcak harici gezegenlerin varlığı ve beklenmedik bolluğu bu yöntemi öne çıkardı, çünkü harici gezegen daha büyük olduğunda ve yıldızına daha yakın dolandığında transit geçiş ihtimali de artmaktadır. D. Charbonneau vdl., "Detection of Planetary Transits Across a Sun-like Star", *The Astrophysical Journal Letters* 529 (2000), s. 145.
12. 2010'da araştırmacılar çok sayıda sıcak büyük gezegenin içinde doğdukları yıldız diskine göre büyük yörünge eğikliğiyle dolandığını ve bazılarınınsa ana yıldızlarına ters yönde dolandığını belirttiler. Hiçbir sonuç göç fikriyle uyuşmadığından araştırmacılar, gezegen veya eş bir yıldız gibi uzaktaki büyük bir gök cisminin sıcak gezegeni yavaş yavaş itekleyerek yörüngesini kararsız hale getirip ip atlar gibi yörüngesini tersine çevirdiği bir mekanizma öne sürdüler.
13. A. M. Lagrange vdl., "A Giant Planet Imaged in the Disk of the Young Star Beta Pictoris", *Science* 329 (2010), s. 57.
14. K. Todorov, K. Luhman ve K. McLeod, "Discovery of a Planetary-mass Companion to a Brown Dwarf in Taurus", *The Astrophysical Journal Letters* 714 (2010), s. L84.
15. Asteroit gibi küçük bir cismin iki büyük arasında konumlandığını hayal edin. Asteroit gezegenlerden birinin yörüngesine girebilir ya da iki gezegen arasında düzensizce ileri geri salınabilir. Bu durumda herhangi bir zamanda asteroidin hangi gezegenin çevresinde dolandığını kestirmek imkânsızdır.
16. R. Malhotra, M. Holman ve T. Ito, "Chaos and the Stability of the Solar System", *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98 (2001), s. 12342.
17. W. Borucki vdl., "Characteristics of Kepler Planetary Candidates Based on the First Data Set: The Majority Are Found to Be Neptune-sized and Smaller", *The Astrophysical Journal* 728 (2011), s. 117.
18. Canlı organizmaların biyokimyasal tepkimelerden ayrı bir ilkeye göre hareket ettiğini ve fizik ve kimya yasalarına indirgenemeyeceğini savunan dirimselciliğin karşısında yer alan büyük bir düşünsel gelenek vardır. Söz gelimi, Bechtel ve Richardson dirimselciliğin "genellikle çürütülemez ve dolayısıyla zararlı bir metafizik doktrin olarak görüldüğünü" belirtir, bkz. *Routledge Encyclopedia of Philosophy*, ed. E. Craig (Londra: Routledge, 1998).

19. L. Hood ve D. Galas, "The Digital Code of DNA", Nature 421 (2003), s. 444.
20. J. Guedes, E. Rivera, E. Davis, G. Laughlin, E. Quintana ve D. Fischer, "Formation and Detectability of Terrestrial Planets Aroun Alpha Centauri B", *The Astrophysical Journal* 679 (2008), s. 1582.
21. Paul Gilster, *Centauri Dreams: Imagining and Planning Interstellar Explanation* (New York: Copernicus Books, 2004), ve ayrıca bkz. Gilster'in bloğu: http://www.centauri-dreams.org.

4. YILDIZ YUVASI

1. Anaksagoras muhtemelen çok az insanın adını duyduğu en ünlü bilim insanı ve filozoftur. Güneş Sistemi'ndeki hareketlere dair fikirleri merkezkaç hareketini ve maddenin başkalaşımını anladığını gösteriyor. Ay'ın Güneş'ten aldığı ışıkla parladığını söylemiş ve bir tutulma için neyin gerektiğini ortaya koymuştu. Perspektif üzerine yazdığı kitabında evrenin üç boyutlu yapısına ve astronomik cisimlerin büyüklüğüne dair düşüncelerini dile getirmiştir. Anaksagoras gökteki bütün cisimlerin taş olduğuna inanıyor ve Yunanistan'da bulunan bir meteorun gökten düşmüş bir taş olması gerektiğini düşünüyordu. Her ne kadar yazılarının çok azı günümüze kadar gelebilmişse de matematiğe de büyük katkılarda bulunmuştur.
2. Bilim insanları da zaman zaman şövalye nişanıyla ödüllendirilir ama Lordlar Kamarası'na seçilmek nadir görülür. Bunun en son örneği 2005'te Ludlow Baronu Rees unvanını alan Sir Martin Rees'dir.
3. Buradaki sorun, jeologların ve biyologların ellerindeki numunelerin yaşını ölçmek için güvenilir bir yönteme sahip olmaktan hâlâ uzak olmalarıdır, dolayısıyla fizik nicel hesaplamalar için tek dayanak olarak kalıyor. Kelvin'in mümtaz namı, hatalı hesaplamalarının on dokuzuncu yüzyılın ikinci yarısı boyunca itibar görmesini sağladı. Darwin meslektaşı ve rakibi Alfred Russel Wallace'e bir mektup yazıp "Thompson'ın Dünya'nın yaşına dair görüşleri bir süre en sancılı dertlerimden biri oldu" demiştir. Kelvin zamanının fiziğini kullanarak Güneş'in tükenmekte olduğunu sezmiş ve şu uyarıda bulunmuştu: "Yaratılışın büyük ambarında şimdi bilmediğimiz kaynakları hazırlamadığımız sürece biz Dünya sakinleri milyonlarca yıldır hayat için gereken ışık ve ısı nimetinden faydalanmaya devam edemeyeceğiz."

4. Arthur Eddington'un İngiltere'nin Londra kentindeki British Association for the Advancement of Science kurumunda yaptığı 1920 tarihli başkanlık konuşması.
5. Güneş ışığını doğuran üç aşamalı nükleer tepkimeye proton-proton zinciri adı verilmektedir. Güneş'in çekirdeğini göremiyoruz, bu nedenle nükleer tepkimelerin kanıtı 1980'lerin sonlarına kadar elde edilemedi. 80'lerin sonunda Japonya'da yeraltındaki bir dedektör hidrojenle helyumun birleşmesinden yan ürün olarak ortaya çıktığı tahmin edilen, zayıf etkileşimli atomaltı parçacıkları olan nötrinoları saptayabildi. Bu buluş yeni bir gizeme kapı araladı, çünkü nötrinolar Güneş modellerinin öngördüğünün yarısı kadardı. Bu uyuşmazlık parçacık fiziğindeki Standart Model'de bazı değişiklikler yapılmasıyla sonuçlandı.
6. Güneş'in görünen yüzeyine fotosfer denir. Sınırları belirgin bir katmandır burası, ama Güneş içeriye doğru sıcaklığı, yoğunluğu ve basıncı düzgünce artan pürüzsüz bir sıcak gaz topudur. Fotosferde fiziksel bir kesinti yoktur; onun içine düşmüş bir uzay aracı "yumru" hissetmez. Öte yandan dışarıya doğru azalan yoğunluk ışımanın giderek daha az etkileşime geçtiğini gösteriyor. Güneş'in derinliklerinde yüksek enerjili fotonlar bir elektronla karşılaşıp ondan sekmeden önce çok uzağa gidemez. Yüzey ortalama bir fotonun artık etkileşime geçmediği ve uzay boşluğu içinde Dünya'ya doğru serbestçe yol alacağı yerdir. Bu nedenle bir çeper veya kenar görüyoruz. Bir bulutun ucu için de aynı şey geçerlidir, tek bir farkla ki bulutta ışık su damlalarına çarpar. Bulut serbestçe yol almayan ışık (bulutun içindeki karanlık ve kasvet) ile serbestçe yol alan ışık (bulutun apaçık belirgin olan yüzeyi) arasındaki geçişi işaret eder.
7. "Isı" ile "kızılötesi ışıma" yaygın şekilde birbirine karıştırılıyor; sadece gözün görebildiğinden daha uzun dalga boyları değil, elektromanyetik ışımanın her türü ısıtma yapabilir.
8. Kızılötesi dalga boyları son bölümde bahsi geçen deneyle harici gezegenlerin doğrudan saptanması için tercih edilir. Yıldız sıcaktır ve ışıması uzun dalga boylarına doğru azalır. Gezegense soğuktur ve içindeki ışıma kızılötesinde tavan yapar (yıldızın yansıttığı görünür ışığın minik bir parçasının tersine). Kızılötesinde gözlemlemek, ana yıldızına nispeten gezegenin görünürlüğünü veya "kontrastını" yüzlerce kat artırabilir.
9. B. Zuckerman vdl., "Detection of Interstellar Trans-Ethyl Alcohol", *The Astrophysical Journal Letters* 196 (1975), s. L99.
10. İç kütleçekim kuvvetinin potansiyel enerjisi gaz parçacıklarının hareketinin kinetik enerjisinin iki katı olduğu sürece gaz bulu-

tunun şekli değişmez; bu denge matematiksel olarak halkalanma kuramı diye adlandırılır. Eğer kütle çok büyükse veya sıcaklık çok düşükse bu durumun telafisi için bulut kütleçekimiyle çöker. Bu olayın bir nebula içinde gerçekleşmesi için gereken kütleyi Sir James Jeans 1902'de bulmuştu ve bu kütle yıldız oluşumu için fiziksel temeli oluşturur. J. Jeans, "The Stability of a Spherical Nebula", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 199 (1902), s. 1.

11. İki nicelik $y = e^x$ denklemiyle bağıntılı olduğunda bu üstel bir ilişki olur. Logaritmik olarak $\log y = x \log e$'dir, dolayısıyla x niceliği lineer olarak değişirse, y niceliği logaritmik olarak değişir. Doğal veya taban e logaritmaları normal olarak kullanılır ve bu ilişki nüfus ve gelişim oranları gibi biyolojik olguların tipik özelliğidir. Kuvvet yasası ilişkisi $y = x^n$ şeklindedir ve burada n kuvvet yasası üssü diye adlandırılan boyutsuz bir sayıdır. Logaritmik olarak $\log y = n \log a$'dır. Bu çok genel formül çok geniş yelpazeye yayılan bir olgular silsilesini tarif eder, çünkü x ve y herhangi bir fiziksel niceliği temsil edebilir ve n de herhangi bir artı veya eksi sayı olabilir. Kuvvet yasası aynı zamanda x niceliğinin dağılımını da verir: $n(x) = x^n$. Bu durumda $n = 1$ olduğunda, x niceliğine sahip bir cisim varsa, $x/10$ niceliğine sahip 10 cisim, $x/100$ niceliğine sahip 100 cisim ve benzeri olur; $n = 2$ olduğunda, x niceliğine sahip 1 cisim, $x/10$ niceliğine sahip 100 cisim ve $x/100$ niceliğine sahip 10.000 cisim ve benzeri olur. Dolayısıyla kuvvet sayasının üssü (pozitif veya negatif) ne kadar büyük olursa, x niceliği örneklem içinde o kadar büyük değişim gösterir.
12. Fizik işlemlerinde kuvvet yasalarının yaygın olması ilginçtir, çünkü bunun temel kuramda tabanı yoktur. Aslında kuvvet yasaları daha ziyade, türbülans ve faz geçişleri gibi modellendirme ve tahmin yürütmenin zor olduğu dinamik olgularda görülür. Biyolojik sistemlerde kuvvet yasalarının yaygınlığı gizemi artırmaya yarıyor sadece. Bazı fikirler için bkz. Per Bak, *How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality* (New York: Springer-Verlag, 1999).
13. Buna bir perspektif kazandırmak için Güneş'ten çok fazla büyük olmayan 9 ışık yılı uzaklıktaki Sirius'u 15 m ötedeki küçük bir ampul olarak düşünebilirsiniz. Bu durumda Eta Carinae 9,5 km ötede parlayan bir ışık kaynağı olurdu.
14. Kahverengi cücelerin merkezi sıcaklığı 2 ila 3 milyon Kelvin, yoğunluğu ise suyunkinin 10 ila 100 katı civarındadır. Kütleleri Jüpiter'in kütlesinin 75 ila 80 katına kadar çıkar. Jüpiter'in kütle-

sinin 65 katının üstünde çıktıklarında lityumla, 13 katının üstüne çıktıklarındaysa döteryumla birleşirler. Kahverengi cüce ile gezegen arasındaki resmi sınır 13 tane Jüpiter kütlesidir, çünkü bu büyüklüğün altında herhangi bir füzyon gerçekleşmez. Bu sınırı aşan 20'den fazla harici gezegen bulunmuştur, dolayısıyla gezegen tarifi bir yıldızın çevresinde dolanma kıstasını da içeriyor. Çoğu kahverengi cüce Jüpiter ile neredeyse aynı büyüklüktedir.

15. K. Rowling'in çocuklar için yazdığı yedi romandan ilki *Harry Potter ve Felsefe Taşı* 1997'de Birleşik Krallık'ta basıldı, ama ismi ABD'de *Harry Potter ve Büyücü Taşı* diye değiştirildi. Bunun muhtemel nedeni de Amerikalı çocukların Felsefe Taşı çevresinde örülmüş gerçek dünya mitolojisine pek aşina olmamalarıdır.
16. Klasik simya hem adi maddenin altına dönüşmesi hem de Hermetik gelenekteki ruhsal dönüşüme atıfta bulunan Büyük Çalışma (Latince *magnum opus*) çevresinde şekillenir. Newton zamanında bu simyanın üç evresi vardı: 1) nigredo veya çözünme veya çürümeyle kararma; 2) albedo veya arıtma veya kirlerini yakmayla beyazlatma; 3) rubedo veya insanın Tanrı'yla veya sınırlı olanın sınırsızla birleşmesini temsilen kırmızılaşma. Simya yanlış yönlendirilmiş erken bir kuramsallaştırma olabilir ama büsbütün saçma da değildir. Doğal hallerinde kurşun ve altının her ikisi de ağır, mat ve işlenebilir metallerdir ve birinin diğerine dönüşmesi akla yatkın görünüyor.
17. Aslında füzyon yoluyla hidrojenden helyum elde etmenin iki yolu vardır. Güneş gibi yıldızlar ve Güneş'ten yüzde 50'ye varan oranlarda daha masif olan yıldızlar daha önce bahsettiğimiz üç aşamalı proton-proton zincirini kullanır. Daha masif yıldızlar karbon, nitrojen ve oksijen izotoplarını katalizör olarak kullanarak helyum üretir. Bu işlem 16 milyon derecenin üstünde baskın çıkar ve Güneş'teki enerji üretiminin sadece yüzde birkaçını oluşturur.
18. Evrendeki helyumun çoğu 13,7 milyar yıl önce gerçekleşen büyük patlamadan sonraki ilk birkaç dakikada üretilmiştir. O sırada bebek evren 10 milyon derecelik bir sıcaklığa sahipti. Çok hafif elementlerin derin çukuru genişleyen evrenin hızla soğumasının ve nükleer füzyonu devam ettirme gücünün zayıflamasının sonucudur. Ayrıca berilyum da radyoaktiftir ve lityum yıldızlarda harcanır, dolayısıyla sonuçta helyum ile karbon arasındaki elementlerin miktarı büyük ölçüde azalır. Karbon darboğaz gibi hareket ettiğinden element miktarındaki zirve noktasını yeni bir azalma takip eder.

19. E.M. Burbidge, G.R. Burbidge, W.A. Fowler ve F. Hoyle, "Synthesis of the Elements in Stars", *Reviews of Modern Physics* 29 (1957), s. 547.
20. Güneş enerjisi üretimi kuramı 1938'de Hans Bethe tarafından öne sürüldü, ama çoğu bilimciye göre proton-proton zincirinin kesin kanıtı Ray Davis ve John Bahcall'ın 1964'te Güneş'ten nötrino saptamalarıyla ve 1986'da bir Japon grubun daha hassas ölçümler yapmasıyla elde edildi. Modern bir özet için bkz. J.N. Bahcall, M.C. Gonzales-Garcia ve C. Pena-Garay, "Does the Sun Shine by pp or CNO Fusion Reactions", *Physical Review Letters* 90 (2003), s. 131-301. Yıldızların ağır elementler ürettiğinin kanıtı Hoyle ve Fowler tarafından kuramın enikonu geliştirilmesine önayak oldu. 1952'de bir kırmızı devin atmosferinde teknetyum saptandı. Teknetyum ortalama ömrü yıldızın yaşından çok daha kısa olan bir radyoaktif element olduğu için yıldızın ömrü sırasında üretilmiş olmalı. S.P. Merrill, "Spectroscopic Observations of Stars of Class", *The Astrophysical Journal* 116 (1952), s. 21.
21. Yıldız nükleosentezi birçok ince nokta ve karmaşıklık içerir. Ana süreçlerin bilgisayarda simülasyonu şimdilerde yapıldı. Demir darboğazdır, çünkü hafif elementler birleştiğinde (füzyon) nükleer bağlanma enerjisi açığa çıkarken, ağır elementler bozunduğunda (fisyon) nükleer bağlanma enerjisi açığa çıkmaktadır. Silon füzyonu radyoaktif nikeli açığa çıkarır, bu element de bozunarak önce kobalta sonra demire dönüşür. Yıldız nükleer tepkimelerde enerji üretiminden daha fazla basınç desteği alamayınca çökererek hayatının dramatik son evresine geçer: süpernova ve nötron yıldızı veya kara delik.

5. KARANLIĞIN KIYISI

1. İnsan gözü harikulade bir organdır; bir milyar lüksü bulan aydınlık düzeylerini görebilir ve zifiri karanlıktaki hassaslığı parlak ışıktaki hassaslığından 10.000 ila 1 milyon kat fazladır. Işık alıcı hücreler arasında 6 milyon koni hücresi öncelikle yüksek ışık şiddetlerinde rengi saptar ve 120 milyon çomak hücre rengi iyi saptayamamakla beraber düşük ışık şiddetlerine uyumludur. Baykuş gibi bazı gececil canlılar insandan daha fazla çomak hücreye sahiptir ve düşük ışık düzeyindeki hassasiyetleri ve görsel keskinliği bizimkinden 10 kat daha büyüktür.
2. Batı astronomisinin Arşimet ile Kopernik arasında geçen uzun "karanlık" günlerinde Arap bilim insanları alevi canlı tutarak matematik, astronomi ve optiğe pek çok önemli katkılar-

da bulundular. On birinci yüzyılın başında İbn el-Heysem Samanyolu'nun paralaksını ölçmeye girişti ama başarılı olamadı ve bunun, Aristo'nun savunduğu gibi yakınımızdaki bir atmosfer olgusu olmayabileceğini gösterdi. Yaklaşık aynı zamanda diliminde Pers astronom Ebu Reyhan el-Biruni galaksinin sayısız nebula yıldızından oluştuğunu öne sürdü.

3. Mesafeyi ölçme zorluğu astronomi tarihinde tekrar tekrar varlığını gösteren bir hadisedir. Trigonometri ve paralaks kullanmak en doğrudan yöntemdir, ama en iyi uydu bile sadece 1500 ışık yılına (Samanyolu'nun çapının yüzde 1'i) kadar olan paralaksı ölçebilir. Shapley, değişim süresinin parlaklıkla bilindik bir ilişkisinin olduğu, küresel kümelerdeki RR Lyrae adında değişken bir yıldız türünü kullanmaya çalıştı. Ama aslında Sefe adında farklı bir değişken yıldız türünü gözlemliyordu, sonuçta galaksinin büyüklüğünü gerçek değerinin çok altında tahmin etti.
4. Saf nötron materyalinin gözlemlenemez olduğu sanılıyordu, bu nedenle Jocelyn Bell ve Anthony Hewish, periyodu en iyi atomik saatten daha kesin olan ve hızlı titreşen bir radyo kaynağını keşfettiklerinde sürpriz oldu bu. Kuramcılar, manyetikleşmiş bir nötron yıldızının her dönüşte gözlemlenebilen radyo dalgaları yaydığını fark ettiler; çoğu pulsarda gözlemlendiği üzere, yalnızca son derece sıkı bir yıldız bir saniyede veya daha kısa bir süre dönebilir. Radyo demeti dar olduğundan bütün pulsarların sadece küçük bir kısmını saptayabiliyoruz.
5. İnsanların neredeyse hiç kimsenin anlamayacağı kadar çetrefil bir şeye atıfta bulunmak için ismini andıkları genel izafiyetin anlaşılmazlığı ağızdan ağza dolaşıp bir söylenceye dönüşmüştür. Bu algı Sir Arthur Eddington hakkında anlatılan bir hikâyeyle pekişmiştir. Einstein'ın savunucularından biri olan Eddington, 1919'da gerçekleşen bir Güneş tutulması sırasında kuramı test etmek için gezi düzenleyen bilimadamlarından biriydi. Söz konusu hikâyeyi John Waller, *Einstein's Luck* (Oxford: Oxford University Press, 2002) adlı kitabında nakleder. Buna göre Eddington'ın bir konuşmasından sonra dinleyiciler arasında bulunan bir fizikçi ona şöyle der: "Profesör Eddington, siz dünyada genel izafiyet kuramını anlayabilen hepitopu üç kişinden biri olmalısınız." Eddington duraklar, cevap veremez veya vermek istemez. Soruyu soran kişi konuşmaya devam eder: "Mütevazı olmayın sayın Eddington!" Eddington sonunda dayanamayıp cevap verir: "Aksine ben üçüncü kişinin kim olduğunu merak ediyorum." İşin aslı, binlerce fizikçi genel izafiyet konusunda lisansüstü dersler almıştır ve yüzlercesi de Einstein denklemlerini içeren araştır-

malar yapmıştır. Söz konusu kuram anlaşılması zor olmakla birlikte kesinlikle anlaşılmaz değildir ve uygulamalı bilimcilere göre genel izafiyetin güzelliği onu anlama uğruna girişilen zorlu çabayı telafi eder.

6. Wheeler'in çağrışım dolu "kara delik" terimini icat eden kişi olduğu yaygın şekilde söylenmektedir ama kendisi bunu asla iddia etmemiştir. Kendisinin naklettiğine göre, 1967'de bir toplantıda "kütleçekimsel olarak tamamen çökmüş bir cisimden" söz ederken dinleyicilerden biri "kara delik" ifadesini önermiştir. Ondan sonra Wheeler bu terimin tanınıp yaygınlaşmasını sağlamıştır. Fakat *Science News Letters* bülteninin 18 Ocak 1964 sayısında Ann Ewing'in naklettiğine göre, genel izafiyet üzerine yapılan bir AAS toplantısında bu terim kullanılmıştır. Terimin özgün kaynağı hiçbir zaman bilinmeyebilir.
7. Bunlar düşünce deneyleriyle yapılan idealleştirmelerdir. Gerçekte serbest halde düşen bir asansörün içindeki birisi durumunu belirlemek için deney yapabilir (ölüme doğru giderken deney yapabilecek kadar sakin olmayı başarabilirse tabii). Dünya kişinin üzerine bir gelgit kuvveti uygulayabilir veya ayaklarına kafasından biraz fazla yerçekimi kuvveti uygulayabilir. Ayrıca asansörde düşen nesneler Dünya'nın merkezine doğru ilerlediklerinden birbirlerine biraz yaklaşırlar. Çoğu normal yerçekimsel durumda gelgit kuvvetinden kaçınmak zordur, bu nedenle gerçekte eşdeğerlik ilkesi ancak küçük hacimlerde geçerlidir.
8. Genel göreliliğin paradigma kayması aklımızı altüst etti, çünkü onun fiziksel etkilerinin çoğu gündelik hayatımızdan çok uzaktadır. Bazı yorumcular, Einstein'ın kuramının "kütleçekimini yürürlükten kaldırdığını" veya onu bir yanılsamaya dönüştürdüğünü savunurlar. Einstein'ın kütleçekiminin Newton'unkinden çok farklı olduğu elbette doğrudur, ama Newton'un kendisi mutlak boşlukta anbean etkili olabilen bir kuvvet için açıklama getirmedi ve iyi bilindiği gibi "Temellendirdiğimiz bir hipotez yok" dedi. Genel görelilikte ışık, uzay-zaman eğriliği üzerinde bulunan iki nokta arasındaki en kısa mesafeyi temsil eden yolları (jeodezi) izler. Eğer jeodezi eğriyse ışık bu eğri yolu takip eder. Bu durumu Batı Amerika'dan Avrupa'ya transit uçan kişiler iyi bilirler. Uçuş Kuzey Kutup Dairesi'nin tam üstünden geçer; eğer düz bir haritada güzergâhı çizerseniz düz bir çizgi elde etmezsiniz. Yine de bir kürenin bükülü iki boyutlu uzayında bu yol sahiden de en kısa yoldur.
9. J. Michell, "On the Means of Discovering the Distance, Magnitude, etc. of Fixed Stars in Consequence of the Diminution of

the Velocity of Their Light, in Case Such a Diminution Should be Found to Take Place in Any of Them, and Such Other Data Should be Procured from Observations, as Would Be Farther Necessary for That Purpose", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 74 (1784), s. 35.

10. B. Ruffini ve J. Wheleer, "Introducing the Black Hole", *Physics Today* (Nisan 1971), s. 31.
11. G. Brown ve H. Bethe, "A Scenario for a Large Number of Low Mass Black Holes in the Galaxy", *The Astrophysical Journal* 423 (1994), s. 659.
12. A. Celotti, J. Miller ve D. Sciama, "Astrophysical Evidence for the Existence of Black Holes", *Classical and Quantum Gravity* 16 (1999), s. 301.
13. J. Caseras, "Observational Evidence for Stellar Mass Black Holes", *Black Holes: From Stars to Galaxies Across the Range of Masses*, IAU Symposium 238, Prag, Çekoslovakya (Cambridge: Cambridge University Press, 2007), s. 3.
14. R. Penrose, "Gravitational Collapse and Space-Time Singularities", *Physical Review Letters* 14 (1965), s. 57.
15. Kip Thorne, *Black Holes and Time Warps* (New York: Norton, 1994).
16. Sean Carroll, *Space-Time and Geometry* (Reading, MA: Addison-Wesley, 2004).
17. Hawking'in mizah duygusu çeşitli bahislere damgasını vurmuştur. 1975'te Caltech enstitüsünde çalışan fizikçi Kip Thorne ile kara deliklerin olmadığına dair bir yıllık dergi aboneliğine bahse girdi. Hawking bu bahsi bir tür sigorta poliçesi olarak adlandırıyordu, çünkü şayet Thorne haklı çıkarsa, kendisinin ömrü boyunca yaptığı çalışmaların çoğu boşa gidecekti. Bu bahis yakın geçmişte sonuçlandı. Her iki taraf da kara deliklerin varlığına dair kanıtı ikna edici buldu. Thorne karısının canını sıkma pahasına kendi tercihiyle *Penthouse* dergisine bir yıllık abonelik kazandı. 1997'de tutuştukları bahisteyse Thorne ve Hawking olay ufkunun geçirgen olmadığı ve bilginin kaybedildiğine dair Thorne'nin Caltech'ten meslektaşı John Preskill ile bahse girdiler. Hawking 2004'te bahsi kaybetti ve "istediği bilgiyi edinmesi için" Preskill'e bir beysbol ansiklopedisi verdi. Thorne henüz bahsi kaybetmemişti. Hawking şu yorumda bulundu: "John'a bir beysbol ansiklopedisi verdim ama belki de küllerini verseydim daha iyi olurdu." 2008'de Hawking bu kez de Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nın Higgs parçacığını bulamayacağına dair bahse girdi, "çünkü bu parçacığı bulmamak çok

daha heyecan vericidir. Zira bu durumda bir şeylerin ters gittiğini anlayıp tekrar düşünmeye başlayacağız."

18. Hawking, "Information Loss in Black Holes", *Physical Review Letters* D72 (2005), s. 4013.
19. A. Ghez vdl., "Measuring Distance and Properties of the Milky Way's Supermassive Black Hole with Stellar Orbits", *The Astrophysical Journal* 689 (2008), s. 1044 ve M. Reid, "Is There A Supermassive Black Hole at the Center of the Milky Way Galaxy?", *International Journal of Modern Physics* D 18 (2009), s. 889.
20. S. Doeleman vdl., "Event-Horizon-Scale Structure in the Supermassive Black Hole Candidate at the Galactic Center", *Nature* 455 (2008), s. 78.
21. 1000 tonu ışık hızının onda biri büyüklüğünde hızlandırmak için gereken enerjinin 5×10^{20} jul, yani dünyanın yıllık enerji tüketimi kadar olduğu anlaşılınca sorunun büyüklüğü de idrak edildi. Bu kütle yakınlardaki bir yıldıza insanlı küçük bir uçuş için gereken yakıtı ve yaşam desteğini sağlamaya pek yetmez. Güneş yelkenleri bir yıldızdan uzakta işe yaramıyor, bu nedenle yolculuk için yakıtın taşınması gerekiyor. 2008'de yapılan bir Ortak İtici Güç Konferansı'nda katılımcılar karamsar bir tutum takınıp yıldızlararası seyahatin uzun zaman, belki de asırlar boyunca bir bilimkurgu teması olmaktan öteye geçemeyeceğini söylediler.

6. ADA EVREN

1. Bir asırdan uzun bir süre astronomlar gökyüzünün görüntülerini kaydetmek için fotografik emülsiyon tekniğini kullandılar ve emülsiyonla kaplı plakalar öylesine dayanıklıydı ki 1980'lerde CCD'ler piyasaya çıktıktan sonra bile başka amaçlar için kullanılmaya devam etti. Bir çözeltideki gümüş halojenür gelen ışıkla etkileşime geçer ve en fazla ışık alan alanlarda en büyük kimyasal tepkimeler gerçekleşir ve buralar en siyah yerler olur. Bu nedenle kaydedilen görüntü bir "negatif"tir ve Edwin Hubble'ın kullandığı türden astronomi plakalarında yıldızlar ışık benekleri değil, karaltı benekleridir.
2. Galileo'nun en iyi ve en büyük teleskopu 1620'de yaptığı 3,8 santimlik bir ışıkkırandı. Sonra Christian Huygens 21,6 santimlik deliği olan usta işi bir "hava" teleskopuyla 1686'dan 1734'e kadar yaklaşık 50 yıl gördüklerini kaydetti. Optik aksam kısa tüplerin içine monte ediliyor ve gerili tutulan 61 metrelik bir telle birbirine bağlanıyordu. Mekanizmanın gökyüzünde olabildiğince fazla

noktaya yönelebilmesi için objektif mercekleri uzun bir direğin tepesinde döndürülüyordu. On sekizinci yüzyılın başlangıcından itibaren dünyadaki en büyük teleskoplar ışıkkıranlardan ziyade yansıtıcılardı. Daha sonraları William Herschel 1789'da tamamladığı 12 metrelik teleskopuyla 50 yıl boyunca gözlem yaptı. Ardından Parsons'un Leviathan'ı ve Hooke'un 100 inçlik teleskobu geldi. George Ellery Hale 1948'de Palomar Dağı'nın tepesine 200 inçlik bir yansıtıcı kurmayı becerdi. Bu yansıtıcıyı büyüklük bakımından gölgede bırakan teleskop 1976'de kurulan 240 inçlik Rus teleskopu oldu. Modern çağda 8 metre, hatta daha da büyük açıklığa sahip teleskoplar yaygındır.

3. Thomas Wright, *An Original Theory or New Hypothesis of the Universe* (Loondra: MacDonald, 1750). Wright hiç gözlem yapmadı ve onun fikirleri teolojik mülahazalardan etkilenmişti. Samanyolu'nun görüntüsünün yıldızların küresel bir kabuğunu işaret ettiğini ve bu kabukta Güneş'in kabuğun iç ve dış çeperlerinin ortasında olduğunu öne sürdü.
4. Adriaan van Maanen Wilson Dağı Gözlemevi'nde Shapley'in çalışma arkadaşıydı ve yakın bir dostuydu. 10 ila 20 yıl aralıklarla çekilmiş spiral nebula görüntülerini karşılaştırdı ve çoğunda dönüşün kanıtlarına rastladığını savundu. Eğer bu doğruysa ve eğer nebulalar yıldızların dış sistemleriyse ima edilen dönüş hızları ışıktan daha hızlı olurdu ki bu da imkânsızdır. Büyük ihtimalle kendisi farkında olmadan sistematik hatalar yaptı veya umduğunu görüp ona inanmak istedi. Aslında galaksilerin kendi eksenleri etrafında bir kez dönmesi birkaç yüz milyon yıl sürer, dolayısıyla onun bir insan ömrü içinde bu dönüşü saptaması olanaksızdır. Bu hatalı gözlem nebulaların yapısına dair tartışmayı bulanıklaştırdı ve Shapley hatayı öğrenin bezgin bir halde "Van Maanen'in sonuçlarına inanıyorum... ne de olsa o benim dostum!" dedi.
5. Hubble'ın ilk ölçümü hatalıydı, çünkü iki tür Sefe değişkeni olduğunu farkına varmamıştı. Ölçümünü yaptığı yıldız türüne uygun ayarı kullanarak 1 milyon ila 2,5 milyon ışık yılı mesafe tahmininde bulundu.
6. Garip bir tesadüfle Sefe değişkenleri gençliğinde kızıl humma hastalığı geçirmiş sağır İngiliz astronom John Goodricke tarafından 1784'te keşfedildi. Goodricke acıklı bir şekilde yirmi bir yaşında zatürreeden öldü.
7. K. Haramundanis, ed. *Celia Payne-Gaposchkin* (Cambridge: Cambridge University Press, 1996), s. 209.
8. *Galaksi* sözcüğü kendi yıldız sistemlerimiz için kullanılan Yunanca sözcüklerden türetilmiştir: "sütlü daire". Astronomideki

kullanımında küçük harfle başlayan *galaksi* herhangi bir uzak yıldız sistemini, büyük harfle başlayan *Galaksi* ise bizim yıldız sistemimiz olan Samanyolu'nu ifade eder.

9. Edwin Hubble, *Realm of the Nebulae* (New Haven: Yale University Press, 1936).
10. Charles Messier 1771'de sınıflandırdığı 103 gökcisminin gerçek yapısını bilmiyordu, ama listesi çok sayıda görkemli yakın galaksiyi içeriyor. Messier gözlemlerini Kuzey Yarımküre'de yaptı, bu nedenle listesi uzayın uzak güney kısmındaki –Samanyolu'nda cüce galaksi çifti olan Macellan Bulutları gibi– nebulaları içermiyordu. Nihayet son listesi notlarına dayanan 110 gök cismini içerecek kadar genişlemişti ve son ilavesini 1966'da yaptı; son kataloğunda 39 galaksi bulunuyordu.
11. Farklı sınıflandırma öğelerinin birleştirilmesi ancak uzmanların anlayabileceği karmaşıklıkta tanımlara yol açar. Söz gelimi, SAB(r)c galaksisi gevşekçe sarılmış kolları, zayıf bir çubuğu ve bir halkası olan spiral bir galaksidir.
12. Hikâye bu basit anlatımdan çok daha karmaşıktır ve hâlâ hummalı bir çalışmanın konusudur. Yoğunluk dalgası fikri muhtemelen "büyük tasarımın ürünü" spiralleri açıklayabilir, ama daha karmaşık yapıları açıklamakta zorluk çekiyor. İkinci bir görüşe göre yıldız oluşumu fiili yoğunluktan bağımsız olarak yakın bölgelerde yıldız oluşumunu tetikler. Tetikleme belli bir olasılıkla gerçekleşir, dolayısıyla deterministik bir süreç değildir. Galaksilerin dönüşü yıldız oluşumunun bu örüntüsünü spirale dönüştürür. Yıldız oluşumun fiziği lineer değildir ve analitik olarak çözülen basit denklemlerle anlaşılması çok güçtür, işte bu yüzden çetrefil bir problemle karşı karşıyayız.
13. 1959'da Louise Volders yakınlardaki M33 spiralinin görünür ışığa uygulanan Kepler yasalarınca öngörüldüğü gibi dönmediğini gösterdi, ama bu münferit gözlem Zwicky'ninki gibi, rahatsız edici ölçüde "anormal" bulundu ve astronomların meseleyle ilgilenmesini sağlayamadı.
14. V. Rubin, N. Thonnard ve W. Ford, "Rotational Properties of 21 Sc Galaxies with a Large Range of Luminosities and Radii", *The Astrophysical Journal* 238 (1980), s. 471.
15. Spiral galaksiler için dönüş eğrilerinin sayısı, Vera Rubin ve Ken Freeman'in araştırmalarına başladığı zamandaki birkaç düzineden bugün on binlere çıkmıştır. Hepsi de karanlık maddeyi doğruluyor ama görünür madde ile karanlık maddenin oranları galaksi özellikleriyle sistematik ve ilginç bir şekilde değişiyor. Cüce galaksiler dev galaksilerden daha fazla karanlık madde-

ye sahip. Spiral galaksilerin genellikle küçük uydu galaksileri (Samanyolu'nun bir düzine uydu galaksisi) var ve çok büyük mesafelere uzanan karanlık maddeyi ölçmek için "test parçacıkları" gibi hareket edebilirler. Samanyolu gibi spiral bir galaksi yaklaşık 650.000 ışık yılı öteye –görünür maddenin eriminden 20 kat daha uzağa– yayılan karanlık maddeye sahip. Eliptik galaksiler de karanlık madde taşıyor; bir diskteki dönme yerine galaksi çekirdeğinin eliptik yörüngesindeki ortalama yıldız hızıyla karanlık maddeleri ölçülüyor.

16. Steve Soter ve Neil Tyson, ed., *Cosmos Horizons: Astronomy at the Cutting Edge* (New York: New Press, 2000).
17. O. Eggen, D. Lynden-Bell ve A. Sandage, "Evidence from the Motions of Old Stars that the Galaxy Collapsed", *The Astrophysical Journal* 136 (1962), s. 748.
18. L. Searle ve R. Zinn, "Compositions of Halo Clusters and the Formation of the Galactic Halo", *The Astrophysical Journal* 225 (1978), s. 357.
19. Mutfakta olmasa bile atölyede nasıl spiral bir galaksi nasıl yapabileceğinizi gösteren keyifli bir örnek *Popular Science* dergisinin Temmuz 1936 sayısında yayınlandı. İhtiyacınız olan bütün malzeme, bir el matkabı, bir raptiye ve biraz yağ. Bir göz damlası pompası kullanarak, bir damla makine yağını büyük bir behere koyduğunuz metil alkolün yüzeyinin altına sıkın. El matkabının ucuna tutturulmuş bir raptiyeyle dönme hareketini başlatın. İkiz spiral kol oluşacaktır ve bunlar genellikle kırılıp yıldız oluşumunu simgeleyen minik damlalara dönüşecektir. Bu yolla bilgisayarla alacağınızdan daha iyi sonuç alabilirsiniz.
20. M. Steinmetz ve J. Navarro, "The Hierarchical Origin of Galaxy Morphologies", New *Astronomy 7* (2002), s. 155; ve F. Hammer, H. Flores, M. Puech, Y. Yang, E. Athanassoula, M. Rodrigues ve R. Delgado, "The Hubble Sequence: Just a Vestige of Merger Events?" *Astronomy and Astrophysics* 507 (2009), s. 1313; ve M. Martig ve F. Bournaud, "Formation of Late-Type Spiral Galaxies: Gas Return from Stellar Populations Regulate Disk Destruction and Bulge Growth", *The Astrophysical Journal Letters* 714 (2010), s. L275.
21. Galaksileri oluşturan ve sonraki yıldız oluşumlarına yakıt sağlayan gaz rezervini saptamak zordur, çünkü galaksiler arası uzaya yayılmış gaz galaksilerdeki masif yıldızların morötesi ışımasından iyonlaşarak (son derece sıcak) kalır. 100.000 ila 1 milyon Kelvin derece sıcaklığındaki gaz şiddetli morötesi ve yumuşak X-ışını yayar; tam da burası Dünya'nın atmosferinin mat

olduğu yerdir. Bu gaz sonunda hassas X-ışını teleskoplarıyla ve uzaktaki faal galaksilerin ışığının "gölgelemesinin" gözlemlenmesiyle saptanır.

22. J. Binney, "Fitting Orbits to Tidal Streams", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 386 (2008), s. L47.
23. Sadece başka bir galaksideki çok gelişmiş bir uygarlık fark edilebilir olurdu. Galaksimizi bir an için daha çok parlatmaya yetecek radyo veya optik enerji üretebiliriz, ama bu bir galaksideki yıldız deryası içinde bir sinyalin ihmal edilebilir "görüntüsü" olur. Kuramsal olarak ileri bir uygarlık yıldız tufanlarını düzenleyip çok sayıda rakip doğal sinyali gölgede bırakacak yapay sinyaller üretebilir. Gerçek *N* değeri ne olursa olsun, teknolojik yaşam formlarının tam bir dökümünü yapmak için onun 100 milyarla, yani görünür evrendeki galaksi sayısıyla çarpılması gerekir.

7. KOZMİK YAPI

1. Revizyonist bir duruş sergileyip Hubble'ın modern kozmolojinin tarihindeki önemini küçümsemek haksızlık olur. Öte yandan onun keşifleri astronomlar arasında bile pek tanınmayan Leavitt ve Slipher'in çalışmalarına dayanıyordu. Alanın dışından sıradan biri için modern kozmolojinin kahramanların veya "devlerin" isimleriyle anılması doğaldır, ama bu, şöhretlere veya bilimin gerçekte nasıl işlediğine dair anlayışa halel getirebilir. Söz gelimi, Alfred Russel Wallace'ın Charles Darwin'in yanından pek tanınmaması bunun bir örneğidir.
2. V. Slipher, "Nebulae", *Proceedings of the American Philosophical Society* 56 (1917), s. 409.
3. Astronomlar ayrı yıldız sistemleri olarak kabul edilen düz eliptik "nebulaları" listelemiştir, ama bunlar kolayca çözülüp yıldıza dönüştüğünden içlerindeki Sefe değişkenlerinin yerini bulup güvenilir mesafeler çıkarmak olanaksızdır. Konu hakkındaki çok önemli makaleler için bkz. V. Slipher, "Nebulae", *Proceedings of the American Philosophical Society* 56 (1917), s. 403; K. Lundmark, "The Determination of the Curvature of Space-Time in the Sitter's World", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 84 (1924), s. 747; ve E. Hubble, "A Relation Between Distance and Radial Velocity Among Extra-Galactic Nebulae", *Proceedings of the National Academy of Sciences* 15 (1929), s. 168.
4. Bu tabir çok rağbet görünce fizikte bir söylenceye döndü ve bir şehir efsanesi olabileceğinden kuşkulanılmaya başlandı. As-

lında Einstein bu sözü hiçbir zaman yazmadı veya söylemedi; bunun kanıtı da George Gamow'un *My World Line* (1970) adlı otobiyografisidir. Kitapta şöyle der: "Çok sonraları kendisiyle kozmoloji meselelerini tartışırken Einstein kozmoloji terimleri konusuna girmesinin hayatının en büyük hatası olduğunu vurguladı."

5. E. Hubble, "The Effects of Redshift on the Distribution of Nebulae", *The Astrophysical Journal* 84 (1936), s. 517.
6. Doppler çift yıldızların renklerini açıklamak için izafi hareketin ışık dalgaları üzerindeki etkisini buldu. Bir yıldızın üç boyutlu uzay hareketinin sadece radyal bileşeni Doppler kaymasını sergiler, dolayısıyla o, genelde tam hızı vermez. Bu nedenle astronomlar Doppler kaymasını radyal hız diye yorumlarlar. Matematiksel olarak, eğer hareket ışık hızına göre yavaşsa kısmi frekans kayması ışık hızının bir parçası olarak hıza eşittir. Ses dalgalarındaki Doppler etkisi ilk kez Hollandalı kimyacı Buys Ballot tarafından 1845'te ölçüldü. Bunun için Ultrecht-Amsterdam tren hattında ayarlanmış bir notayı çalan bir grup müzisyeni kullandı.
7. Bu akıl rehberliği sadece klasik fiziğin rahat geleneksel dünyasında geçerlidir. Yirminci yüzyılın başında Einsten Doppler etkisinin görelilikçi bir çeşidini bulmuştu. Buna göre ışık hızı temel bir sınırdır ve söz konusu etki saniyede 300.000 kilometreyi bulan hızlara kadar geçerlidir. Klasik Doppler etkisinde bile aklı bazen bir kenara koymak gerekiyor. Lord Rayleigh ses üzerine yazdığı bir kaynak kitapta düzenli hareket edildiğinde arkadan bir senfoninin çalındığını duymanın mümkün olduğunu belirtir.
8. Şair Robert Frost'un bir zamanlar söylediği gibi: "Bütün metaforlar kusurludur, bu da onların güzelliğidir." Bir balon genişleyen evrenin makul bir temsili işlevini görebilir, ama bizim içinde yaşadığımız evren algılanabilir ölçüde bükülü değil düzdür. (Eğer isterseniz, devasa bir balon düşünüp onun küçük bir parçasında ölçüm yaptığımızı hayal edebilirsiniz.) Ayrıca şişen balonda yaratılan dalganın genliği her yönde büyürken, uzayda ilerleyen dalganın genliği ters kare yasasına göre küçülür. Öte yandan yaptığımız benzetme faydalıdır, çünkü galaksilerin hareketine ilişkin "balistik" düşünce biçimimizi aşıp onun yerine uzayın genişlemesinin galaksileri birbirinden "uzaklaştırdığı" bir anlayışı getirir.
9. Eski Yunan'dan Hindistan'daki Veda geleneğine, Mayalara ve Avustralya yerlilerine kadar dünya kültürlerinin çoğu zamanın

ve evrenin döngüsel olduğuna inanır. Döngüsel zaman sonsuz olmasa dahi ilerlemeyi geçersiz kılması şart değildir, ama bu geleneklerdeki yaygın inanışa göre fiziksel varoluşun zamanda geriye doğru bir sınırı yoktur. Ne var ki genişleyen evren modeli hem zamanda hem de uzayda basbayağı bir başlangıç öngörür.

10. Dahası fizik yasalarının her yerde aynı olduğunu kabul etmeliyiz. Bunu test etmek zordur, ama denemeye çalışmak büyük önem taşır ve astrofiziğin bir alt dalı kütleçekimi yasasının veya temel kuvvetlerin ve sabitlerin büyüklüklerinin uzak galaksilerde de aynı olup olmadığını test etmek için tasarlanmış zekice ölçümler yapar. Bazı kışkırtıcı ölçümlere rağmen bizim fiziğimizin bize veya evrendeki bizim köşemize özgü olduğuna dair kesin bir kanıt yoktur.
11. Genişleyen veya (büzülen) bir evren için genel göreliliğin kesin çözümleri ancak homojenliğin ve izotropinin basitleştirici geometrik etkileriyle mümkündü. Bunu hesaba katan Einstein'ın alan denklemleri zamanın bir fonksiyonu olarak evrenin büyüklüğünü hesaplamak için gerekliydi sadece. Alexander Friedmann, Georges Lemaître, Howard Robinson ve Arthur Walker sıkı çalıştılar, bu nedenle genişleyen uzay-zamanı tarif etmek için kullanılan ölçüye onların soyadlarının baş harfleri verildi: FLRW. Bu ölçü 1920'lerde bulundu ve formülü öyle başarılıydı ki hâlâ kozmolojinin "standart modeli" olarak kabul edilmektedir. Elbette evren homojen değil pütürlüdür, ama buna rağmen çeşitli hesaplamalar yapılabilir. Kozmologlar evrenin "neredeyse FLRW" olduğunu söylemeye bayılırlar.
12. Palomar Gözlemevi Uzay Araştırması'nın bitmesi on yılı buldu ve 1980'lerde dijital CCD dedektörleri gelişene kadar neredeyse 30 yıllık bir süre astronomideki araştırma ve keşiflerin ana kaynağını oluşturdu. Çok yakın geçmişte Caltech enstitüsünde çalışan bir astronom 48 inçlik teleskobunu kullanarak cüce Eris gezegenini keşfetti ve bu da Plüton'un gezegenlikten çıkarılmasına yol açtı. Araştırmanın ikinci evresi öncekinden daha gelişmiş bir teleskop ve daha hassas fotoğraf çözeltileri kullanılarak 1980'ler ve 1990'larda yapıldı. Palomar Uzay Araştırması'nın güneydeki emsali Avustralya'daki Yeni Güney Galler yöresinde bulunan Siding Spring Observatory adlı gözlemevinde kullanılan bir çift 48 inçlik teleskopla 1980'lerde yürütüldü. Bu büyük çaplı fotoğraf çalışmalarının her biri dijital ortama aktarılarak daha uzun "saklanma ömrü" sağlanmış ve onlara CCD çağında bilimsel katkılarda bulunma olanağı tanınmıştır.

13. Texas'a taşınmış bir Fransız olan Gerard de Vaucouleurs evrenin büyük ölçekli yapısının incelenmesinde öncü bir rol oynadı. Sefe değişenlerini tamamlayıp kullanmak amacıyla uzaklık göstergelerini bulmak için büyük çaba sarf etti ve saniyede yaklaşık 3000 kilometrelik –130 milyon ışık yılı mesafesine karşılık gelen– kızıla kayma mesafesine sahip olanlara kadar uzanan parlak galaksiler için düzenli şekilde veri topladı. Galaksilerin sayımına dayanılarak önceden teşhis edilen galaksilere ilave olarak, Samanyolu'nun binlerce galaksi içeren ve yüz milyonlarca ışık yılına yayılan muazzam düz bir "süper kümenin" bir parçası olduğunu kanıtladı. Modern bir özet için bkz. R.B. Tully, "The Local Supercluster", *The Astrophysical Journal* 257 (1982), s. 389.
14. K. Abazajian vdl., "The Seventh Data Release of the Sloan Digital Sky Survey", *The Astrophysical Journal Supplement* 182 (2009), s. 543.
15. Büyük ölçekli yapının renkli tarifi galaksilerin nadiren birbirlerine yakın oldukları gerçeğini örtmemeli. En sık kümelerde bile sıkı fıkı olmayıp çaplarının 3 ila 5 katı mesafelerle birbirlerinden ayrılırlar. Samanyolu'nun işgal ettiği gibi düşük yoğunluklu bölgelerde ayrılık mesafesi tipik galaksi çaplarının 10 ila 20 katına çıkar. Kütleçekimi sonsuz erimiyle uzun menzilli bir kuvvet olduğundan münferit galaksileri birbirine yaklaştırmadan devasa ölçekte yapılar şekillendirmektedir.
16. M. A. Aragon-Calvo, R. van de Weygaert ve A. Szalay, "Multiscale Phenomenology of the Cosmic Web", *The Astrophysical Journal* 723 (2010), s. 364.
17. M. Fleenor, J. Rose, W. Christiansen, R. Hunstead, M. Johnson-Hollitt, M. Drinkwater ve W. Saunders, "Large-Scale Velocities Structure in the Horologium-Reticulum Supercluster", *The Astrophysical Journal* 190 (2005), s. 957; ve A. Kopylov ve F. Kopylova, "Search for Streaming Motions of Galaxy Clusters Around the Giant Void", *Astronomy and Astrophysics* 382 (2002), s. 389; ve J. Gott, M. Juric, D. Schlegel, F. Hoyle, M. Vogeley, M. Tegmark, N. Bachall ve J. Brinkmann, "A Map of the Universe", *The Astrophysical Journal* 624 (2005), s. 463.
18. Bu iğneleyici söz fizik camiası içinde sık söylenen bir nakarattır. Kuramsal fizikçiler arasında hesaplamaları kolaylaştırmak için karmaşık durumları basite indirgemeye dönük bir eğilim vardır. Fakat bazen ayrıntıların kaybedilmesi karikatüre ve aşırı basitleştirmeye yol açabiliyor. Bu durumla dalga geçmek için "Küresel bir inek hayal et..." diyorlar. Bazı kıdemli meslektaşla-

rına yönelik saldırgan tavırlarına rağmen Zwicky öğrencilerine ve genç araştırmacılara karşı büyük sabır gösterirdi ve ayrıca hatırı sayılır insancıl jestlerde de bulunmuştur.

19. D. Walsh, R. Carswell ve R. Weymann, "0957+561 A.B: Twin Quasi-Stellar Objects or a Gravitational Lens", *Nature* 279 (1979), s. 381.
20. Merceklendirmenin doğası gereği her zaman tek sayılı görüntüler üretilir. Matematiksel olarak, eşit ışık yolculuğu zamanının yüzeyi "katlanır" ve her katlanma iki görüntüyü ilave eder, böylece kütle dağılımı merceklendirmeyi daha karmaşıklaştırırken bir görüntü üçe, beşe, yediye çıkar ve böylece devam eder. Gerçekte bir merceklendirme geometrisindeki dönmemiş veya esas görüntü her zaman küçültülmüş olur ve saptanması zordur, bu nedenle astronomlar tek sayılı görüntüler elde etmeye çalışırlar. Bir galaksi için görülen azami görüntü sayısı 13'tür. Her bir görüntü karanlık madde kümesi içinden geçen ve ayrı bir sapma açısı çizen ayrı bir yolu temsil eder, bu da kütle dağılımındaki sondaların ve koşulların sayısını artırır. Merceklendirme karanlık maddenin evrende nasıl dağıldığına dair harika bilgiler verir.
21. D. Clove, M. Bradac, A. Gonzales, M. Markevitch, S. Randall, C. Jones ve D. Zaritsky, "A Direct Empirical Proof of the Existence of Dark Matter", *The Astrophysical Journal* 648 (2006), s. L109.
22. R. Genzel, L. Tacconi, D. Rigopoulou, D. Lutz ve M. Tecza, "Ultraluminous Infrared Mergers: Elliptical Galaxies in Formation", *The Astrophysical Journal* 563 (2001), s. 527.

8. NÜKLEER GÜÇ

1. Mekanizma düşük basınçlı cıva veya soydum gazı içeren floresan ampullerinkine benziyor. Ampul yanarken asla ısınmıyor, çünkü içindeki gaz gayet uygun bir vakum ortamı oluşturuyor, ama gaz elektrikle uyarıldığında ekseriyetle dar tayf çizgileri şeklinde emisyon üretiyor. Neon lambaların renk saflığının nedeni birkaç kırmızı çizgi halinde yayılan emisyondur. Bir nebulada genç bir yıldızın yaydığı morötesi ışıma ampuldeki elektriğin oynadığı rolü oynar.
2. C. Seyfert, "Nuclear Emission in Spiral Nebulae", *The Astrophysical Journal* 97 (1943), s. 28.
3. Tayf çizgileri emisyon işlemindeki kuantum belirsizliğinden kaynaklanan "doğal genişliğe" sahiptir. Öte yandan bu, bir gazdaki atomların ve moleküllerin gelişigüzel hareketinin doğur-

duğu Doppler genişliğinden çok daha küçüktür. Gazda sıcaklık artarken, parçacıkların hızı ve keza tayf çizgilerinin genişliği gayet fark edilebilir bir ölçekte artar. Astronomide çizgi genişliği genellikle sıcaklığı bulmak için kullanılır. Seyfert galaksilerinde çizgi genişliği o kadar büyüktür ki, herhangi bir yıldızın sıcaklığından (en yükseği yaklaşık 100.000 Kelvin'dir) daha yüksek bir sıcaklığa karşılık gelir. Yıldızlar bu genişlikte çizgileri olan bir gazı uyarmak için yeterli morötesi ışıma yaymaz.

4. Askeri uygulamalardan sivil uygulamalara geçiş pürüzsüz oldu. Avustralya ve İngiltere'de radar operatörleri doğrudan bir uçaktan gelen radar ile denizden yansıdıktan sonra yerine varan radar arasında girişim saçakları saptadılar. 1946'da Avustralyalı bir grup gündoğumu yolculuğu sırasında denizden yansıyan radyo dalgalarını gözlemlemek için benzeri bir "deniz kayalığı girişimölçeri" kullandılar. Modern radyo girişimölçerler çok seyrek dağıtılmış çanaklardan ışıma toplayıp eşeksenli kablolar, dalgaları yönlendiren cihazlar veya diğer nakil hatlarını kullanarak sinyalleri bir araya getirerek girişim saçakları üretir. Girişim farklı çanaklara ulaşan sinyallerin gecikme süresine bağlıdır ve bu bilgi çanakların arasına bir çanak büyüklüğünden daha fazla boşluk bırakarak kaynağın konumunu yeniden belirlemede kullanılabilir. Açısal çözünürlük toplanan ışımanın dalga boyuyla orantılıdır. Radyo dalgaları optik dalgalardan çok daha uzun olduğundan radyo teleskopların açısal çözünürlüğü optik teleskoplardan çok daha kötüdür. Öte yandan modern radyo girişimölçerler açısal çözünürlüğü en iyi optik teleskoplarındakinden bile daha iyi olan çok geniş aralıklarla (genellikle ana hatlar kıtalararasıdır) konuşlanmış çanaklar taşır.
5. F. Smith ve B. Lovell, "On the Discovery of Extragalactic Radio Sources", *Journal of the History of Astronomy* 14 (1983), s. 155.
6. Bilim yapma süreci çeşitli dönemeçler barındırır. Scmidt'in keşfi 3C 273 kuasarı için son derece isabetli bir radyo konumu bulmak amacıyla Cyril Hazard tarafından ay örtülmesinin zekice kullanılmasına dayanır. Bu olmasaydı teleskopu nereye çevireceğini bilemezdi. Bu arada Caltech enstitüsünde salonun aşağısında Jesse Greenstein benzer bir radyo kaynağının, 3C 48, spektrumunu elde etmişti bile, ama bu öyle kafa karıştırıcıydı ki çekmecesinin gözüne sokuşturup başka şeyler üzerinde çalıştı. 3C 48 kuasarının uzaklaşma hızı ışık hızının yüzde 37'sidir ve 5 milyar ışık yılını aşkın bir mesafeye sahip olduğunu bulunmuştur. Schmidt, büyük bir kızıla kayma bularak çizgilerin teşhis edilebileceğini anladıktan sonra, onun yarı sıra Greenstein ve

Tom Matthews verileri yayınladılar ama Hollandalı kuasarların "kâşifi" sayıldı

7. M. Schmidt, "3C 273: A Star-like Object with a Large Redshift", *Nature* 197 (1963), s. 1040; C. Hazard, M. Mackey ve A. Shimmins, "Investigation of the Radio Source 3C 273 by the Method of Lunar Occultation", *Nature* 197 (1983), s. 1037; ve J. Greenstein ve T. Matthews, "Redshift of the Unusual Radio Source 3C 48", *Nature* 197 (1963), s. 1041.
8. Optik teleskopların çözünürlüğünün kısıtlı oluşu ve kuasarların çok uzak oluşu, görüntülemenin bir kuasarın yoğunluğuna dair doğru bir fikir vermesini zorlaştırıyor. Öte yandan bir ışık yolculuğu zamanı savına göre, tek bir cisim, ışığın o cismi geçmesi için gereken zamandan daha hızlı bir zaman ölçeğinde değişemez (aksi halde değişimlerin ortalaması alınamazdı). Kuasarlar haftalarla ölçülen zaman ölçeklerinde düzensiz değişen ışığa sahiptir, bu nedenle ışık birkaç ışık-haftasından daha büyük bir bölgeden geliyor olmalıdır.
9. D. Lynden Bell, "Galactic Nuclei as Collapsed Old Quasars", *Nature* 223 (1969), s. 690. Lynden Bell en gelişmiş yöntemi kullandı, ama Ed Salpeter ve Yakov Zel'dovich'in 1964'te yazdıkları makaleler süper büyük kara delik hipotezinin ilk sunumuydu.
10. M. Rees, "Black Hole Models for Active Galactic Nuclei", *Annual Reviews of Astronomy and Astrophysics* 22 (1984), s. 471.
11. Bu tekniğe yansıtmalı haritalandırma denir. Küçük bir bölgeyle kütleyi ölçmek için çok direkt bir yöntemdir, çünkü gaz bulutları kara deliğe yakın kütleçekiminin izini sürer ve kara deliğe yakın emisyondaki değişimlere karşılık gelen gazın gecikme zamanı fiziksel ölçeği belirler. Bu tür veriler sadece yakınlardaki birkaç düzine faal galaksi için toplanabilir. Daha uzak cisimler (bütün kuasarlar dahil) için kütle tahmini emisyon çizgilerinin genişliğine dayanır. Bu, yakındaki cisimlerin yansıtılmasına dayanan dolaylı bir yöntemdir. Faal olmayan kara delikler için, Samanyolu'nun merkezi için yaptığımız gibi, kara deliği teşhis etmek için yıldız hızları kullanılmalıdır. Kepler yasaları ve Newtoncu kütleçekimi, kara delikten ışık haftaları ila ışık ayları kadar uzakta olan yıldızların ve gazın hareketlerini tatmin edici şekilde açıklar; genel izafiyet sadece olay ufkuna yakın yerler için kullanılmalıdır.
12. Evreni anlamamızda teknolojinin rolü Martin Harwit, *Cosmic Discovery: The Search Scope and Heritage of Astronomy* (New York: Basic Books, 1981) adlı kitabında ayrıntılı şekilde açıklamıştır; ve

birkaç makale için bkz. W. van Bruegel ve J. Bland-Hawthorn, ed., "Instrumentation and Astrophysics: How Did We Get to Be So Lucky" *Imaging the Universe in Three Dimensions: Astrophysics with Advanced Multi-Wavelength Imaging Devices* (San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 2000), s. 3. Profesör Harwitt, Cornell Üniversitesi Astronomi Bölümü başkanı ve Washington'daki Ulusal Hava ve Uzay Müzesi'nin yöneticisiydi. Kendisi astronomideki ilerlemeyi kuramsal kavrayıştan ziyade teknolojik yeniliklerin sağladığını savunmaktadır. Hiç kuşkusuz kuasar gibi cisimler önceden tahmin edilmemişti ve görünür spektrumun ötesine geçen gözlemler olguları anlamak ve hatta tanımlamakta kritik bir öneme sahipti.

13. Manyetize bir plazma içinde, yani manyetik alan içeren yüksek sıcaklıklı bir gazın içinde elektronlar manyetik alan içinde spiral çizer ve senkrotron ışıması yayar. Isısal olmayan ışımanın kendine özgü özellikleri, düzgün veya kuvvet yasası spektrumu ve doğrusal kutuplanmadır. Nötron yıldızları ve kara delikler gibi sıkı (yoğun) cisimler güçlü manyetik alanlara sahiptir ve senkrotron ışımasının en muhtemel kaynaklarıdır. Senkrotron ışıması ilkin 1946'da laboratuvarda yapay olarak üretilmiştir.
14 H. Alfven ve N. Herlofson, "Cosmic Radiation and Radio Stars", *Pyhsical Revi*ew 78 (1950), s. 616, ve G. Burbidge, "On Synchrotron Radiation from Messier 87", *The Astrophysical Journal* 124 (1956), s. 426.
15. Görüntüleme yöntemi Samanyolu galaksisindeki en sıcak yıldızlara dair morötesi "fazlalık" arar. Spektroskopik yöntem hem morötesi fazlalığa hem de spektruma bindirilmiş emisyon çizgilerine karşı hassastır. Kuasarlar nadir olduğu için uzayın çok geniş bölgelerinin taranması gerekir ve 1970'ler ve 80'lerde bu fotoğraf tabakalarıyla yapıldı. Onların görüntülemedeki öncü çalışmaları, Palomar ve Birleşik Krallık Schmidt Teleskopları kullanılarak kuasar gibi emisyon çizgisi cisimlerinin yanı sıra gezegensi bulutlar ve tuhaf yıldızlarla ilgili çalışmalar takip etti. Şimdilerde aynı yöntemler daha soluk düzeylere ulaşan CCD'lerle uygulanmaktadır.
16. G. Richards vdl., "Efficient Photometric Selection of Quasars from the Sloan Digital Sky Survey. II. A Million Quasars from Data Release 6", *The Astrophysical Journal Supple*ment 180 (2009), s. 67.
17. M. Rowan-Robinson, "On the Unity of Activity in Galaxies", *The Astrophysical Journal* 213 (1977), s. 635.

18. Aktif galaksilerle ilgili kitaplar 20 ya da daha fazla kategori içeriyor ve birleştirme şemaları bu çokluğu makul şekilde azaltırken, bütün aktif galaksileri tek bir temel öğeler kümesine indirgeyemiyor. Aktif galaksiler çevrelerinin farklı özelliklerine göre hareket eder: Hubble tarzı ana galaksi, çekirdeğin bin ışık yılı içinde yıldız oluşum miktarı, merkezdeki bir çift ışık yılı içinde gaz ve toz miktarı, büyüme diski ve püskürtmelerin miktarı ve kara deliğin kütlesi ve spini. Tek başına yönelim kategoriler arasındaki farklılıkların çoğunu açıklayamaz. Anlayışımızdaki en önemli boşluk, seçilen tek bir dalga boyunun aktif galaksilerin "gerçek" sayısını göstermemesidir.
19. Daha doğrusu, galaksi merkezindeki parlak bir kuasar Güneş'in parlaklığının yüzde 2 ila 3'üne sahiptir. Bu miktar gündüz gökyüzünde göze çarpmasına yeter ve herhangi bir gezegen veya yıldızdan milyonlarca kat büyük bir parlaklığa karşılık gelir. Elbette spekülasyon hayaldir, çünkü bizimle merkez arasındaki toz kuasarın parlaklığını gece gökyüzünde gördüğümüz yıldızların parlaklık seviyesine inecek kadar azaltır; onun gerçek aydınlığını ancak diskten çıkabildiğimiz zaman görürüz.
20. P. Hopkins, L. Hernquist, T. Cox, T. Di Matteo, P. Martini, B. Robertson ve V. Springel, "Balck Holes in Galaxy Mergers: Evolution of Quasars", *The Astrophysical Journal* 620 (2005), s. 705.

9. GALAKSİLERİN BÜYÜMESİ

1. Bu hayali senaryoyu hayata geçirmek için Einstein'ı bir köşede eli, kolu ve ağzı bağlı bırakıp kuramıyla oynamamız lazım. Görelilik hareketin mutlak sınırı olarak ışık hızına dayanır. Gerçek dünyada ışık demetini yakalamak olanaksızdır ve ışık her zaman izafi hareket ne olursa olsun aynı ölçüm değerindeki hıza sahiptir. Işığın çok daha yavaş yol aldığı hayali bir dünyada görelilik etkileri çok düşük hızlarda kendini gösterir ve uzay, zaman ve kütle eğilmeleri metinde anlatılan senaryodaki uyumsuzlukları ortadan kaldırır.
2. 1728'de James Bradley yıldız ışığının, Dünya'nın hareket yönüne bağlı olarak hafif bir sapmayla Dünya'ya vardığını keşfedince ölçüm hassaslığı yüzde 1 yanılma payına yükseldi. Bunu anlamak için muntazam yağmur yağan rüzgârsız bir günde çember çizerek yürümek gibi boş bir işi hayal edin. Yağmur size dikey isabet etmeyecektir, önüne düşen yağmur damlaları arkanıza düşenlerden fazla olacaktır ve sapma hissi sizin dairesel güzergâhınızın neresinde olduğunuza bağlıdır. Bu etkiye yıldız

ışığının sapması denir. Sonraki gelişme daha ziyade Galileo'nun etkisini taşır. 1850'de Fransız rakipler Hippolyte Fizeau ve Leon Foucault ölçüm doğruluğunu yüzde 0,5 yanılma payına yükseltmek için hızlı yanan lambalarla zamanlama ölçümü yaptılar.

3. 1970'lerde ölçüm hassaslığı 100 milyonda birkaç birim yanılma payına çıkınca, ışık hızının ölçümünde metre esas alınmaya başlandı. Böylece ağırlıkları ve ölçümleri belirleyen uluslararası kurum ışığın saniyenin 1/299.792.458'inde aldığı yol olarak metreyi yeniden tanımladı. Günümüzde ışık hızı uluslararası birimler sisteminde tanımlanmış bir sabittir ve deney tekniğinde ilerleme metrenin daha doğru bir tanımına kapı aralamaktadır.
4. Albert Michelson ve Edward Morley'in deneyleri haklı olarak bilim tarihinde en önemli deneylerden biri olarak kabul edilmektedir. Yunanlılar zamanından beri öne sürülmüş, ışığın içinden geçtiği görünmez "esir" maddesinin varlığına ilişkin görüşü çürütmüştür. Aslında Michelson-Morley deneyinden ziyade esir maddesinin kanıtının olmayışı ve Maxwell'in elektromanyetik dalgaların ilerleyişine dair kuramında ışık hızının merkezi rolü Einstein'a yol göstermiştir.
5. Özel göreliliğin bütün etkileri dünyanın çeşitli yerlerindeki fizik laboratuvarlarında günde binlerce kez hissedilmektedir. Büyük çaplı cisimler ışık hızına yakın hızlarda hareket edemezler, bu nedenle izafiyet etkileri hafif ama ölçülebilir olur. Atomlar ve atomaltı parçacıklar ışık hızının yüzde 1'i oranında hızlandırıldığında göreliliğin etkileri çarpıcı olur. Işık hızından daha hızlı hareket eden takyon parçacıklarını bulmak için şimdiye kadar sarf edilmiş onca çabaya rağmen onlar hiçbir zaman gözlemlenmemiştir.
6. G. Benford, D. Book ve W. Newcomb, "The Tachyonic Antitelephone", *Physical Review D* 2 (1970), s. 263.
7. Aslında ışığın sınırsız bir hızla yol alması çok yavaş yol alması gibi pek çok kavramsal ve mantıksal sorun doğurur. Eğer ışık evrendeki bütün noktalardan anında gelirse, bundan nedensellik etkilenir, çünkü bütün zaman düzlemleri tek bir ana sıkışır ve her yerdeki bütün olaylar aynı anda oluyormuş gibi görünür. Daha önemlisi, ışık bir elektromanyetik dalgadır ve elektromanyetik dalgalarda hızlanan yükler bir titreşim yaratır ve elektrik ve manyetik dalgalar bir arada uzayda ilerler. Hızı sonsuz olsaydı dalga olarak ışık ve sinyal olarak ışık anlamsız olurdu. O zaman Maxwell denklemleri bir kenara atılıp yerine farklı bir şey konurdu.
8. 1940'ların sonunda bazı kuramcılar kozmik genişlemenin ve evrenin bir başlangıcının olmasının sonuçlarından hoşnut kalmadılar. Fred Hoyle, Herman Bondi ve Thomas Gold "kararlı

(durağan) hal" kuramını ortaya attılar. Bu kuram genişlemeye karşı çıkmıyor, ama galaksiler arasında büyüyen boşlukta makul hızda oluşan maddenin her zaman aynı görünen yeni galaksiler ve yeni bir evren meydana getirdiğini öne sürüyordu. Kuram kozmolojik ilkeyi "mükemmel" kozmolojik ilke olarak genişletti; buna göre evren bütün yönlerde, bütün yerlerde ve bütün zamanlarda aynıdır.

9. M. Blanton vdl., "The Galaxy Luminosity Function and Luminosity Density at Redshift z = 0,1", *The Astrophysical Jou*rnal 592 (2003), s. 819.
10. 1930'larda bu "ekstra" etkiler genişleme gerçeğini önemli bir sınavdan geçirebilirdi (çünkü gözlemlenen kızıla kaymaları yaratabilen "yorgun ışığı" izah edecek başka kuramsal mekanizmalar yoktu). Galaksilerden gelen ışık yayılır ve yüzey parlaklığı veya belli bir alan içindeki parlaklıkla nitelenir. Statik bir evrende bir galaksiden gelen ışık mesafenin karesi kadar azalır, ama görünen alan da mesafenin karesi kadar azaldığı için yüzey aydınlığı sabit kalır ve mesafeden etkilenmez. Genişleyen bir evrendeyse, iki ekstra etki uzak bir galaksiden gelen ışığı azaltır. Farklı kızıla kayma değerlerine sahip benzer büyüklükteki galaksileri karşılaştırarak, genişlemenin izleri saptanabilir. Buna da fizikçi Richard Tolman'dan adını alan Tolman testi denir. Bu testin yakın geçmişte başarılı bir uygulaması için bkz. A. Sandage ve L. Lubin, "The Tolman Surface Brightness Test for the Reality of the Expansion. IV. A Measurement of the Tolman Signal and the Evolution of Early-Type Galaxies", *The Astrophysical Journal* 122 (2010), s. 1084.
11. 2010'da Nelson ve Angel teleskobun öncüleri olarak yaptıkları çalışmalara karşılık astrofizik dalında bir milyon dolarlık Kavli Ödülü'nü Raymond Wilson ile paylaştılar. Wilson Dünya atmosferinin parazit etkisini yok etmek için bütün büyük teleskoplarda kullanılan uyarlanabilir optik tekniğini geliştirdi.
12. Yakın-Dünya yörüngesi Dünya atmosferinin yukarısındadır ama optik görüntüleme için ideal değildir. Dünya'nın uzak durulması gereken bir parıltısı vardır ve uzaydaki makineler "dışarıya gaz sızdırıp" optik yüzeyleri kirletebilir. Ayrıca uzay çöplüğünden gelebilecek zarar riski de azımsanacak ölçüde değildir. Hubble Uzay Teleskopu alçak Dünya yörüngesindedir, çünkü uzay mekikleriyle astronotların gelip ona bakım-onarım yapması gerekiyor, ama NASA diğer teleskopları Dünya'dan bir milyon mil uzaklıktaki –Güneş'in ve ayın çekim kuvvetlerinin birbirini dengelediği– Lagrange noktasına koyuyor. Muh-

temelen optik astronomi için en iyi yer ayın uzak tarafıdır; zira orada atmosfer veya jeolojik faaliyet yoktur ve zifiri karanlıktır.

13. "Lokal" evrenin ötesine geçtiğimizde, kozmolojik kızıla kayma ile Doppler kayması arasındaki kavramsal ayrım çok önemli olur. Bir galaksi ya da kuasarda saf olarak gözlemlenen tek nitelik kızıla kaymadır; mesafe ve yaş kızıla kaymanın fiziksel mekanizmasına bağlıdır. Eğer kızıla kayma küçük olursa, Doppler formülü iyi bir tahmin sağlar. Bu formüle göre kızıla kayma ışık hızının bir parçası olarak geri çekilme hızına eşittir. Eylemsiz referans çerçevesindeki büyük hızlar için, Doppler etkisinin zaman genleşmesini hesaba katan izafi bir versiyonuna gerek vardır. Fakat özel izafiyet genişleyen uzayın geri çekilme hızını doğurduğu ışığın ilerlemesi durumunu açıklamaya elverişli değildir, bunun için genel izafiyet gereklidir.
14. Her ne kadar ışımayla etkileşimde bulunmayan ve normal "baryonik maddeye" (protonlar ve nötronlar) baskın gelen bir madde çeşidinin varlığından çoğu astronom kuşku duymasa da onun fiziksel yapısı hâlâ tam olarak bilinmiyor. Kara delikler, kahverengi cüceler, gezegenler, kayalar ve toz... Bunların hepsi elendiğinde geriye kalan en iyi aday, henüz fizik laboratuvarlarında saptanmamış, her yerde bulunan atomaltı bir parçacık olur. Kuramsal olarak, karanlık madde parçacıkları, ışık hızına yakın hızlarda hareket ettikleri yerde sıcak, ışık hızının çok altında hareket ettikleri yerde soğuk diye nitelendirilebilir. Sıcak karanlık madde öyle hızlı hareket eder ki erken evrendeki yapıyı yok eder veya pürüzsüzleştirir; bu da bize ilkin süperküme büyüklüğünde şeylerin oluştuğu fikrini veriyor. Daha sonra galaksiler büyük cisimden koparak oluşmuştur. Buna "yukarıdan aşağıya" yapı oluşumu denir. Öte yandan eğer karanlık madde soğuksa, o zaman cüce galaksiler gibi küçük cisimler çabucak oluşabilir ve sonra birleşerek normal büyüklükte galaksileri meydana getirirler, akabinde şimdiki evrede kümeler ve süperkümeler oluşur. Karanlık maddenin bu iki tarifi olgun evrende yapı oluşumu için bambaşka tahminlerde bulunur. Evren aşağıdan yukarıya veya hiyerarşik yapı oluşumunun işaretlerine sahip, dolayısıyla soğuk karanlık madde seçeneği 1980'lerden bu yana standart paradigma olmuştur.
15. Karanlık maddenin normal maddeden 1'e 6 oranında fazla olduğunu görmüştük. Fakat normal maddenin dörtte üçü galaksiler arası uzayda dağınık gaz halindedir ve bu gazın çoğu fevkalade sıcak olup gözlemlenmesi zor kısa morötesi dalgalar yayar. Gaz bir galaksiye düşse bile yıldız oluşturma randımanı

düşüktür. Bütün bunlar hesaba katıldığında optik astronomların gözlemlediği parlak ışıklar kozmik kütlenin sadece yüzde 1'ini temsil eder. Bu kadar kısıtlı bilgiyle bütün hikâyenin anlatılacağına inanmak olanaksızdır. Bir bakıma, tutarlı ve makul bir hikâye anlatabiliyor olmamız harikadır.

16. Soğuk karanlık maddeyle yapı oluşumuna dair temel makaleler için bkz. G. Blumenthal, S. Faber, J. Primack ve M. Rees, "Formation of Galaxies and Large Scale Structure with Cold Dark Matter", *Nature* 311 (1984), s. 517; ve M. Davis, G. Efstathiou, C. Frenk ve S. White, "The Evolution of Large-Scale Structure in a Universe Dominated by Cold Dark Matter", *The Astrophysical Journal* 292 (1985), s. 371.
17. L. Ferrarese ve D. Merritt, "Supermassive Black Holes", *Physics World* 15 (2003), s. 41.
18. Galaksi evriminin yapısı yüzlerce astronomun yürüttüğü araştırmanın ve hummalı (ve bazen de münakaşalı) tartışmaların konusudur. Düşük kütleli galaksilerin sonraki zamanlarda zirve noktasına çıkan yıldız oluşumuna sahip olmaları, daha az parlak olan aktif galaksilerin (başka bir deyişle, düşük kütleli süper masif kara delikler barındıranların) sonraki zamanlarda zirve noktasına çıkan bir faaliyet sergiledikleri gerçeğini yansıtıyor. Zaman ilerledikçe yıldız oluşumunun ve nükleer faaliyetin düşük kütleli cisimlere kaymasına "küçülme" denilmiştir ve bu soğuk karanlık madde kozmolojisindeki yapı gelişiminin basit beklentilerine ters düşer. Bu uyuşmazlığı çözebilecek ilave unsur aktif galaksideki "geribeslenim"dir; bu geribeslenim süper masif kara deliğin gelişimini ve faaliyetini çevredeki galaksideki yıldız oluşumuyla ilişkilendirir. Bu ilişkiyi kuran bir makale örneği için bkz. E. Scannapieco, J. Silk ve R. Bouwens, "AGN Feedback Causes Downsizing", *The Astrophysical Journal Letters* 635 (2005), s. L13.
19. Chen Guying, ed. *Zhuangzhi* (Beijing: Chinese Press, 1983).
20. A. Riess vdl., "Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant", *The Astrophysical Journal* 116 (1998), s. 1009 ve S. Perlmutter vdl., "Measurements of Omega and Lambda from 42 High Redshift Supernovae", *The Astrophysical Journal* 517 (1999), s. 565.
21. M. Kowalski vdl., "Improved Cosmological Constraints from New, Old, and Combined Supernova Datasets", *The Astrophysical Journal* 686 (2008), s. 749.
22. Fizik kuantum kuramının bir parçası olarak vakum enerjisi kavramına sahiptir; buna göre uzayın saf vakumu eser miktarda

kuantum enerjisi taşır. Fakat eğer uzay üzerindeki dinamik etkiyi tahmin etmek için standart fiziği kullanırsak, kozmik hızlanmayı verdiği gözlemlenen minik değerden ziyade 120 basamaklı bir değer elde ederiz. Bu müthiş uyuşmazlık elbette utandırıcı bir durumdur ama fiziğin tamamlanmadığı gerçeğini yansıtır. Einstein genişlemeyi baskılamak için genel izafiyet denklemlerinin çözümüne bir terim ekledi: doğal çözüm (çünkü o zamanlarda kendisine evrenin statik olduğu söyleniyordu). Kozmologların gözlemlediği karanlık enerji Einstein'ın kullandığı kozmolojik sabit niteliğine sahip görünüyor; bu da demektir ki o, enerji yoğunluğuna eşit negatif bir basınca sahiptir ve zaman ve mekân içinde değişmez. Karanlık enerjinin gözlemlenebilir çok az özelliğe sahip olması araştırmanın ilerlemesini zorlaştırmaktadır.

23. T. Davis ve C. Lineweaver, "Expanding Confusion: Common Misconceptions of Cosmological Horizons and the Superluminal Expansion of the Universe", *Publications of the Astronomical Society of Australia* 21 (2004), s. 97.

10. IŞIK VE HAYAT

1. Hubble Uzay Teleskobu uzay projelerinin genellikle kat etmesi gereken uzun ve zorlu yolun iyi bir örneğidir ve kendine özgü zorlukları ve başarısıyla heyecan verici bir hikâyesi vardır. Yale profesörü Lyman Spitzer 1946'da uzay teleskobu fikrini ortaya atan ilk kişiydi ama onun fırlatıldığını görmeye ömrü yetmedi. Saygın bilim kurumlarının desteğini aldıktan sonra tasarım işi 1969'da başladı ama Kongre 1975'te fonu kesti. Cüssesi ve bütçesi küçültüldükten sonra 1983'de fırlatılması planlandı. Peşinden gelen ertelemeler ve 1986'daki trajik *Challenger* kazası bütün projenin askıya alınmasına sebep oldu. Sonunda 1990'da NASA ana aynanın standartlara uymadığını şaşkınlıkla fark edince Teleskop *Discovery* uzay mekiğiyle fırlatıldı. Hubble'ın bulanık görüntüleri uzay ajansı için bir halkla ilişkiler felaketi ve utanç kaynağıydı. Astronomlar 1993'te teleskop için "mercek" temin edip görüntü kalitesini yükselttiler ve beş sefer yapılan bakım uçuşu hem uzayda astronot bulundurmanın hem de her beş yılda bir yeni cihazlar, güneş panelleri ve bilgisayarlarla teleskobu yenilemenin önemini göstermiştir. Hubble öncü bir araştırma aracı olarak otuzuncu yılına girdi. NASA yöneticisi Sean O'Keefe Hubble'ı beşinci kez bakıma almak yerine doğal ölümünü beklemeye karar verince halkın araca duyduğu sevgi

günışığına çıktı; başka bir uzay mekiği kaybedildi ve O'Keefe bakım uçuşu yapmanın astronotlar için taşıdığı riskin çok büyük olduğuna karar verdi. Ne var ki kamuoyunun Hubble aracına verdiği güçlü destek (ve eyaletlerinde NASA tesisi bulunan parlamenterlerin lobi faaliyeti) O'Keefe'ye geri adım attırdı ve bakım uçuşu 2009'da sorunsuz gerçekleştirildi.

2. R. William vdl., "The Hubble Deep Field: Observations, Data Reduction, and Galaxy Photometry", *The Astronomical Journal* 112 (1996), s. 1335. Bunu takiben emsali bir Derin Alan görüntüsü uzayın güneyinde elde edildi. R. Williams vdl., "The Hubble Deep Field South Formulation of the Observing Campaign", *The Astronomical Journal* 120 (2000), s. 2735. Teleskop için öne sürülen normal başarılı öneriler veriler için bir yıllık süre öngörüyordu. Sadece öneride bulunanların verilerle çalışabileceği bir süreydi bu. Hubble Derin Alanları hemen erişilebilir kılındı.
3. S. Beckwith vdl., "The Hubble Ultra Deep Field", *The Astronomical Journal* 132 (2006), s. 1729. Derin alanların artması uzayın tek bir bölgesine bol kaynak tahsis etmenin faydasını azaltacağa benziyor, ama gerçekte astronomların, araştırılan uzayın alanıyla derinliğinin dengelendiği değişen derinliklerde araştırmalara ihtiyacı vardır. Bunun kavramsal sonucu en büyük derinliğe sahip minik zirve tabakası olarak Ultra Derin Alan ve tabanda en sığ ve geniş tabakasıyla "evlilik pastası"dır.
4. Spektroskopi basit görüntülemeden daha fazla ışık ister, dolayısıyla Ultra Derin Alan içindeki en soluk ve en ilginç galaksilerin çoğu yere konuşlandırılmış 10 metrelik teleskoplarla bile spektroskopi için çok soluktur. "Yoksul adamın" renklerden yola çıkarak kızıla kaymayı ölçmek için geliştirdiği yönteme fotometrik kızıla kayma denir. Kızıla kaymanın doğruluğu spektroskopik kızıla kaymadan çok daha düşüktür, ama eğer amaç geniş bir kızıla kayma yelpazesinde değişimini ölçmekse bu sorun teşkil etmez. En büyük sorun güvenilirliktir: Bazı galaksiler alışılmadık enerji dağılımlarına sahiptir, bu nedenle renkleri kızıla kaymaya çevirmek için kullanılan spiral ve eliptik galaksilerin standart örnekleri fena halde çuvallayabilir. Astronomlar spektroskopinin sahiden güvenilir bir kızıla kayma için gerekli olduğu, ama istatiksel çalışmalar için fotometrik kızıla kaymaların güvenilirlik yüzde 90'ın üstünde olduğu sürece işe yarayacağı görüşündeler.
5. R. Bouwens vdl., "Discovery of z ~ 8 Galaxies in the Hubble Ultra Deep Field from Ultra-Deep WFC3/IR Observations", *The Astrophysical Journal Letters* 709 (2010), s. L133.

6. Geçen yıllar zarfında çeşitli gruplar, galaksiler için çok yüksek kızıla kaymaların spektroskopiyle doğrulanmadığı gerekçesiyle yakıldı. Rekabetin böylesine yoğun olduğu bir alanda rekor kıracak kızıla kaymayı yayınlayan ilk kişi olma dürtüsü çok güçlüdür. Spektroskopiyle kesinkes kanıtlanmış en yüksek galaksi kızıla kaymaları 6 ila 7 değerlerindedir. 8 ve daha üstü değerlerdeki kızıla kaymalar fotometreyle ölçüldüğü için kaçınılmaz olarak daha fazla belirsizlik içerir. Bu tür cisimler kızılötesine yakın dalga boyları yaydığından spektroskopi bile doğrulamada yeterli bir teknik değildir. Bu alanı etkileyen diğer bir husus da toz engelidir. Galaksi oluşumunun ilk dalgasında bazı faaliyetler tozla örtülmüş olabileceğinden optik araştırmanın alanının dışında kalmıştır. Bu da yıldız oluşum hızının veya çok yüksek kızıla kayma değerine sahip galaksi sayısının gerçeğinden daha düşük bulunmasına yol açabilir. Şimdiki göstergeler örtülü galaksilerin var olduğu ama bizlerin toz yüzünden fena halde yanılmış olmadığımız yönündedir.
7. Newton'un buna üzülmüş olması gerekirdi ama hiç üzülmedi. Kütleçekimini sonsuz bir evrendeki ters kare kanununun kuvveti olarak formüle etti. Hem ışık hem de kütleçekimi mesafenin karesiyle ters orantılı azaldığından Olbers paradoksu hem ışık hem de kütleçekimi için geçerlidir; sonsuz bir evren sonsuz büyüklükte bir kütleçekimi ve sonsuz miktarda ışık içerir.
8. Bkz. Edgar Allen Poe, *Eureka: A Prose Poem* (1848); Olbers paradoksunun tarihinin ve çözümünün yetkin bir izahı için bkz. Edward Harrison, *Darkness at Night: The Riddle of the Universe* (Cambridge, MA: Harward University Press, 1987).
9. Hubble küresinin ucuna olan mesafe genişleme sürecini hesaba katmalıdır, çünkü biz zamanda geriye doğru o noktaya bakıyoruz. Yerel Hubble ilişkisinin ölçtüğü genişleme hızına nispeten genişleme hızı daha yavaştı (son hızlanma) ve ondan önce daha hızlıydı (evrenin yaşının ilk üçte ikilik kısmındaki yavaşlama). Doğru hesaplama yaklaşık 14 milyar ışık yılını verir. Hubble küreleri izafidir, dolayısıyla bir galaksi Hubble küresinin hemen ötesindeyse bizler de onların Hubble küresinin hemen ötesinde oluruz.
10. C. Lineweaver ve T. Davis, "Misconception About the Big Bang", *Scientific American* (Mart 2005), s. 36.
11. S. Sigurdsson, H. Richer, B. Hansen, I. Stairs ve S. Thorsett, "A Young White Dwarf Companion to the Pulsar B1620-26: Evidence for Early Planet Formation", *Science* 301 (2003), s. 193.
12. Astronomların tarihi yeniden yapılandırabileceği gerçeği tarihin kendisi kadar ilginçtir. On yıl boyunca pulsarın zaman-

laması dikkatlice takip edildiği için dev gezegen bulunabildi. Hubble Uzay Teleskobu'ndan gelen, beyaz cücenin renk ve sıcaklığına dair veriler onun yaşını ve kütlesini belirledi. Buna nötron yıldızının yörüngesindeki titreşimi eklenince nötron yıldızının kütlesi bulundu. Pulsar zamanlamasındaki minik düzensizlikler Jüpiter gibi büyük üçüncü bir cismi açığa çıkardı. Bütün bu bilgiler bir araya getirildiğinde, hem ölü yıldızların hem de gezegenin yörüngelerinin eğikliği bulundu. Gezegenin geniş yörüngesi şimdi bir beyaz cüce olan Güneş benzeri yıldızdan nötron yıldızına yapılan kütle aktarımının, gezegenin çiftin çevresinde dolanmaya başladıktan sonra gerçeklemiş olması gerektiğini gösteriyor. Gezegenin geniş yörüngesi, onun civardaki yıldızlarla etkileşimlere karşı hassas olduğunu gösteriyor, dolayısıyla onun şimdiki konumu küresel kümedeki yörüngesinin bir işaretini sunuyor ve sistem oluştuktan sonraki birkaç milyar yıl içinde merkezden geçmediğini gösteriyor. Her ne kadar şimdiye kadar saptanmış ilk dış gezegenlere geçici bir benzerlik taşısalar da PSR 1257+12 sistemindeki Dünya benzeri gezegenler, yani o baştaki pulsar gezegenler büyük bir yıldızın sönmesinden sonra oluşmuştur, dolayısıyla yaşanabilir bir ortamları yoktur ve muhtemelen de hiç olmamıştır.

13. Alan Boss, Methuselah gezegeninin gezegen oluşumu için öne sürdüğü kütleçekimsel kararsızlığı desteklediğini savunuyor, çünkü o, çekirdeğin büyümesinden çok daha çabuk gerçekleşebilmekte ve önceden var olan ağır elementleri ve taş bir çekirdeği gerekli kılmamaktadır.
14. R. Salvaterra vdl., "GRB090423 at a Redshift of z = 8.1", *Nature* 461 (2009), s. 1258 ve N. Tanvir vdl., "A Gamma-Ray Burst at a Redshift of z = 8.2", *Nature* 461 (2009), s. 1254.
15. Gama ışını patlamaları arkasında bir kara delik bırakacak büyük bir yıldızın ölüm çığlıklarını temsil eder. Sadece hidrojen ve helyumdan oluşan ilk yıldız modelleri onların Güneş'ten 100 ila 200 kat daha masif olduklarını işaret ediyor. Bu tarz yıldızlar sadece birkaç milyon yıl yaşar ve arkalarında büyük kara delikler bırakır. Güneş'in kütlesinden 10 ila 50 kat fazla kütleye sahip kara deliklerin meydana getirilmesi astrofizikteki başka bir meseleye ışık tutar: Aydınlık kuasarların 6 değerinde kızıla kaymayı geçtikleri gözlemlendi. Bu da Güneş'in kütlesinden bir milyar kat büyük bir kara deliğin oluşması için yarım milyar yıl kadar bir süre tanır. Genç yoğun evrendeki yıldızlar, birleşmeler ve bol yakıtın ilk neslinden kalan güçlü "tohum" kara deliklerle bu

muazzam yapıların çabucak oluşması zor değildir, ama keşke bunun nasıl meydana geldiğini gösteren bir kanıtımız olsaydı.

16. D. Fischer ve J. Valenti, "The Planet-Metallicity Correlation", *The Astrophysical Journal* 622 (2005), s. 1102.
17. C. Lineweaver, Y. Freener ve B. Gibson, "The Galactic Habitable Zone and the Age Distribution of Complex Life in the Milky Way", *Science* 303 (2004), s. 59; C. Lineweaver, "An Estimate of the Age Distribution of Terrestrial Planets in the Universe: Quantifying Metallicity as a Selection Effect", *Icarus* 151 (2001), s. 307; ve muhalif bir görüş için bkz. N. Prantzos, "On the Galactic Habitable Zone", *Space Science Reviews* 135 (2008), s. 313.
18. C. Mordasini, Y. Alibert, W. Benz ve D. Naef, "Extrasolar Planet Population Synthesis. II. Statistical Comparison with Observations", *Astronomy and Astrophysics* 501 (2009), s. 1161.
19. Bertrand Russell, *Neden Hıristiyan Değilim* (İlke Kitap, 2009, İstanbul).

11. BÜYÜK PATLAMA

1. Jennifer Isaacs, ed., *Australian Dreaming: 40,000 Years of Aborginal History* (Sydney: Lansdowne Press, 1980).
2. Bruce Chatwin, *The Songlines* (Londra: Franklin Press, 1986).
3. Hubert Vecchierello, *Einstein and Relativity: Lemaître and the Expanding Universe* (Paterson: St. Anthony Guild Press, 1934).
4. Alıntı kaynağı için bkz. A. Deprit, "Monsignor Georges Lemaître", *The Big Bang and Georges Lemaître*, ed. A. Barger (Londra: Reidel, 1984).
5. Aslında Rus matematikçi ve fizikçi Alexander Friedmann 1922'de genel görelilik denklemlerine ilk "genişleyen evren" çözümlerini bulan kişidir. Kendisi ayrıca 1924'te kaleme aldığı bir yazıda pozitif, negatif ve sıfır uzay eğrilerini içeren modellerin hepsini incelemişti. Lemaître'nin özel katkısı, genişlemeyi galaksilerin gözlemlenen kızıla kaymasıyla irtibatlandırması ve evrenin yaşına ve genişleme hızına dair ilk tahminlerde bulunmasıdır. Lemaître gibi Friedmann da Birinci Dünya Savaşı sırasında orduda görev yaptı. Yirminci yüzyılın başlarında Rus bilimcilerin dışlanmasından ve çalışmalarının ağır matematik içermesinden dolayı katkıları pek bilinmez. Leningrad'daki Jeofizik Gözlemevi'nin yöneticisi olarak Friedmann 1925'te balon uçuşunda yüksek rakım rekoru kırdı ve aynı yıl otuz yedi yaşında tifodan öldü.
6. Richard Dawkins ve Christopher Hitchens gibi "yeni ateistler" ile 6000 yaşındaki Dünya fikrine bağlı köktenci Hıristi-

yanların şahsında somutlaşan bilim ile din arasındaki mevcut sıkıntılı ilişkiye hem kıdemli bir dinadamı hem de önde gelen bir bilimadamı olan Lemaître'in hayatı meydan okumuştur. *Melekler ve Şeytanlar* adlı çoksatan romanın yazarı Dan Brown, Lemaître'in bilimle dini uzlaştırmak için büyük patlama kuramını öne süren bir rahip olduğunu savunur. Brown kesinlikle yanılıyor. Lemaître İncil'in bilimsel konularda söyleyecek sözünün olmadığını ve aslında bir sürü hatayla dolu olduğunu, ama yine de kurtuluşa ve ölümsüzlüğe giden doğru yolda bir irfan kaynağı olduğunu düşünüyordu. Ölümünden kırk yıl sonra nihayet iyi bir biyografisi yayımlandı: John Farrell, *The Day Without Yesterday: George Lemaître, Einstein and the Births of Modern Cosmology* (Emeryville, CA: Thunder's Mouth Press, 2005).

7. Alıntı kaynağı, Amerikan Fizik Enstitüsü web sitesi tarih bölümünde "Kozmoloji Fikirleri", http://www.aip.org/history/cosmology/ideas/bigbang.htm.
8. Anlaşılan Hubble iki türSefe değişkeni olduğunu fark etmediği için genişleme hızını olduğundan fazla, galaksilere olan mesafeleri ve evrenin yaşını da olduğundan az tahmin etti. Shapley'in Samanyolu'ndaki periyot-aydınlık ilişkisini ayarlamak için kullandığı Sefe değişkenleri, Hubble'ın uzak galaksilerde bulduğu Sefe değişkenlerinden farklıdır.
9. Oscar Godart ve Martin Heller, *Cosmology of Lemaître* (Tuscon: Pachart, 1985).
10. Bulut Güneş'ten çok farklı olduğundan benzetme abartılmamalıdır. Bulutta ışık mikroskopik su damlalarından seker, Güneş'teyse yüksek ısıdaki bir plazma olan gazda elektronlar atom çekirdeğinden kopmuştur ve ışık yolculuğuna serbestçe karışan cisimler elektronlardır. Saçılma veya soğrulmanın olmaması halinden –şeffaf bir ortamdır– tam saçılma veya soğrulmaya –mat bir ortamdır– geçiş yavaş yavaş gerçekleşir. Genel kabulle sınır, ışığın yolu üzerinde etkileşimde bulunma ihtimalinin yüzde 50 olduğu yer diye tanımlanır.
11. Kozmoloji evrenin tarihini ifade etmek için R ölçek katsayının değişimini kullanır. Ölçek katsayısı uzaydaki iki nokta arasındaki mesafedir; kozmolojik ilkede yer alan izotropi ve homojenlik, ölçümde hangi iki noktanın kullanıldığının önemli olmadığını gösterir. Küçük z harfiyle ile gösterilen gözlemlenebilir kızıla kayma, ölçek katsayısı R ile $R = 1/(1 + z)$ bağıntısına sahiptir. Dolayısıyla kızıla kayma evrenin büyüklüğünde kesirli bir değişimdir ve ilk zamanlarda kızıla kayma 1'den çok daha

büyükken, ışığın yayıldığı zamanda evrenin küçüklük katsayısına neredeyse eşitti.

12. Gerçekçi bir yıldız oluşumu bir modelinde yer alması gereken lineer olmayan fizik örnekleri şokların rolü, ağır elementlerin tayf çizgilerinden yayılan emisyonla gazın soğuması ve kütleçekimsel çöküşe karşı gaz bulutlarını destekler nitelikte hareket edebilen manyetik alanlardır. Galaksi oluşumu ölçeğinde, bu zaruri öğelerin hepsi ya ihmal edilir veya çok indirgemeci fiziksel tariflere dâhil edilir. Lineer olmayan fiziğin diğer bir sonucu da bazen "kelebek etkisi" diye bilinen ilk koşullara hassasiyettir. Bir bilgisayar simülasyonundaki başlangıç koşulları değiştikçe, sonuçlar önceden tahmin edilemeyecek şekilde büyük ölçekte değişebilmektedir. Sonuçta astronomlar evrendeki yapının nasıl oluştuğuna dair kabataslak tariflerle yetinmek zorundadır.
13. R. Alpher, H. Bethe ve G. Gamow, "On the Origin of the Chemical Elements", *Physical Review* 73 (1948), s. 804 ve ayrıca R. Alpher ve R. Hermann, "Remarks on the Evolution of the Expanding Universe", *Physical Review* 75 (1949), s. 1089. Gamow büyük patlamadan kalan ışıma için ilk kez bir sıcaklık belirten ikinci makalenin yazarlarından değildi ama her satırında etkisi vardı. Yazıda büyük patlamanın iki versiyonundan söz ediliyordu; sıcaklığı birincisi 1 Kelvin, ikincisiyse 5 Kelvin diye tahmin ediyordu. Aslında teori öylesine eksikti ki o ilk yıllarda değişik sıcaklık değerleri öne sürülmüştür. 1950'de Alpher ve Hermann sıcaklığı 28 Kelvin diye tahmin ettiler. 1950'lerin ortasında Gamow 5 Kelvin ve 50 Kelvin diye farklı değerler ortaya attı. Fakat uzaya sızan düşük sıcaklıklı ışıma "banyosu" bütün bu çalışmaların ortak paydasıdır.
14. Erken evren çok soğuk bir yıldızın fotosferinin bazı özelliklerini paylaşsa da, benzetme kusursuz değildir. Erken evrende birbiriyle ilintili ama birbirinden farklı iki süreç vardı: yeniden birleşme ve ayrışma. Fotonların enerjileri yeterince azalıp bir hidrojen atomundan elektron koparamayacak hale geldiklerinde (ayrıntılı bir hesaplamaya dahil edilmesi gereken helyumu göz ardı ederek) yeniden birleşme gerçekleşir. Hidrojen plazma olmaktan sıyrılıp nötr bir gaz olur. Bu geçişle bağlantılı olan ayrışma sürecinde bir fotonun hidrojen atomuyla etkileşim kurma ihtimalinin sıfır olması evreni şeffaf hale getirir. Erken evrendeki fotonlar geniş bir yelpazeye yayılan enerjilere sahipti ve enerji dağılımının yüksek enerji kuyruğu, sıcaklığın genelde nötr hidrojen atomlarının oluşmasına izin veren düzeyin altına

düşmesinden sonra evreni iyonize halde tutar. Ayrıca mat halden şeffaf hale geçiş hemen gerçekleşmeyip yaklaşık 20.000 yıl alır.

15. Kozmik mikrodalga arkaplan ışımasının ilk kez gözlemlenmesi aslında Penzias ve Wilson'dan 25 yıl öncesine dayanır. 1940'da Andrew McKellar Zeta Ophiucus adında parlak bir yıldızın spektrumundaki karbon-nitrojen (CN) molekülünden çıkan yıldızlararası soğurma çizgisini gördü ve bunun ancak 2,3 Kelvin sıcaklığında bir ışımaya maruz kalmakla oluşabileceğini anladı. Ne var ki bu ışımayı neyin üretebilmiş olabileceği konusunda bir yorum yapmadı, bu nedenle gözlemi 1966'ya kadar kozmoloji açısından yeniden yorumlanmadı.
16. Fizikte bu tür spektruma kara cisim spektrumu adı verilir ve bu spektrum çevresiyle kusursuz denge halinde olan yansıtmaz opak bir cisimden kaynaklanır. Kara cisim spektrumu kısa dalga boylarına keskin bir düşüş, uzun dalga boylarına daha yavaş bir düşüş sergiler. Zirve noktasındaki emisyonun dalga boyunu ve spektrumun şeklini tek bir fiziksel nicelik niteler: sıcaklık. 1900'de siyah cisim ışımasının özellikleri üzerinde düşünen Planck kuantum fikrine ulaştı.
17. C. Lineweaver, L. Tenorio, G. Smoot, P. Keegstra, A. Banday ve P. Lubin, "The Dipole Observed in the COBE DMR 4-Year Data", *The Astrophysical Journal* 470 (1996), s. 38.
18. Evrende yapının nasıl evrildiğinin anlaşılması için epey kuramsal çaba sarf edilmiştir. Meselelerden biri sıcaklıkta ve yoğunlukta çok düşük düzeyli dalgalanmalardır; bu mesele kitabın ileriki sayfalarında ele alınacaktır. Yoğunluktaki ilk değişimler ortalama yoğunluğun çok küçük bir kısmını oluşturur ve sapma diye adlandırılır. İlk zamanlarda bu sapmalar Newtoncu kütleçekiminin sağladığı basit taslak doğrultusunda lineer olarak yavaş yavaş büyüdü. Kütleçekimi gazı seyrelten hızlı genişlemeye karşı hareket etmek zorunda kaldıysa da yapı oluşturmaya başladı. Kara madde olmaksızın galaksiler oluşamazdı! Yoğunluktaki değişim veya sapma ortalama yoğunluğun önemli bir kısmını oluşturunca yapının gelişimi hızlanır ve lineer olmaktan çıkar. Kütleçekimsel formül hâlâ Newtoncudur ama matematiksel ifade daha karmaşık bir hal almıştır ve şoklar ve karmaşık gaz dinamiği yıldız ve galaksi oluşumunda hesaba katılmalıdır.
19. George Smoot ve Keay Davidson, *Wrinkles in Time* (New York: Morrow, 1993) ve John Mather ve John Boslough, *The Very First Light: The True Inside Story of the Scientific Journey Back to the Dawn of the Universe* (New York: Basic Books, 1997).

12. BEYAZ ISI

1. Pisagor'un yazdığı hiçbir şey günümüze kadar gelmemiştir ve onun hakkındaki bilgilerin çoğu asırlar sonra yazılmıştır. Aristo'nun onun hakkında yazdığı bir kitap ne yazık ki kaybolmuştur. Pisagor ve takipçilerinin dünyasını günümüze taşımak zordur ama onun çalışması matematik bilgisinin mistik bir gücünün olduğu gizli bir cemiyeti veya tarikatı andırıyordu. Pisagor etkili biriydi ve Samos hükümdarı despot Polikrates'in gözünden düştüğü için İtalya'daki Kroton şehrine kaçmak zorunda kaldı. Orada yeni takipçileri ve müritleriyle çalışmalarına devam etti. Yine siyasi entrikaların kurbanı oldu. Tapınağı harabeye çevrildi ve takipçileri şehirden kovuldu. Sonunun nasıl geldiğine dair bir fikir birliği yoktur. Pisagor, Platon'u çok etkilemiş ve dolayısıyla Batı felsefesi tarihinde önemli bir yer edinmiştir.
2. Jamie James, *The Music of the Spheres: Music, Science, and the Natural Order of the Universe* (New York: Springer-Verlag, 1993).
3. Hem gezegen uzaklıklarını ayarlamak için üç boyutlu uzayı kullanırken hem de gezegenlerin yörünge hızlarını ayarlamak için armoni bilimini kullanırken Kepler, fizik kuramında bir temeli olmayan sayı biliminden yararlanıyordu. Ve doğrusu bütün gezegenler hesaba katıldığında iki model de geçersiz kalıyordu. Fakat geometri ve armoni bilimine dayalı örüntüler bulma yöntemi sağlam temele dayanıyordu; nitekim modern gezegen biliminde de gezegenlerin uydularının yörüngeleri ve halka sistemlerindeki örüntüler gibi olgular, kütleçekimsel rezonans sürecinde tam sayıların oranları veya armonisiyle doğru tarif edilmektedir.
4. Walter Isaacson, *Einstein: His Life and Universe* (New York: Simon and Schuster, 2007).
5. W. Hu ve M. White, "The Cosmic Symphony", *Scientific American* (Şubat 2004), s. 44.
6. G. Hinshaw vdl., "Five Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe Observations: Data Processing, Sky Maps, and Basic Results", *The Astrophysical Journal Supplement* 180 (2009), s. 225.
7. Mikrodalga spektrumu ve onun evrimi Mark Whittle tarafından "seslendirmeye" tabi tutulup armoni ve dalga formu, frekans 50 oktav artırılarak sesli sinyale dönüştürüldü; bkz. http://www.astro.virginia.edu/~dmw8f/BBA_web/index_frames.htlm.
8. Erken evrende ses ve ışık vardı. Ses büyük patlamadan 380.000 yıl sonra yayılan düşük frekanslı dalgalar halindeydi. Onların o zamanda kozmik vokal korosundan ayrıldığını düşünebiliriz. O

zamanda evren 3000 Kelvin sıcaklığına sahipti ve koyu kırmızı renkte parlıyordu. Daha önceleri daha sıcaktı ve görünür spektrumunda ışıması büyük patlamadan 10.000 yıl sonrasından 380.000 yıl sonrasına kaydı. Bu nedenle evren, ışıması morötesi ışımadan görünür ışığa ve oradan kızılötesi dalgalara geçerken yavaş bir "parlama" sergiledi.

9. D. Eisentein vdl., "Detection of the Baryon Acoustic Peak in the Large Scale Correlation Function of SDSS Luminous Red Galaxies", *The Astrophysical Journal* 633 (2005), s. 560.
10. Meşhur Monty Python skecindeki İskoç Kraliçesi Mary gibi kararlı hal kuramı zarif bir şekilde ölmedi. Kararlı hal sadece maddenin yavaş ve düzenli yaratımını gerektirirken, büyük patlamanın evrendeki bütün maddenin olağanüstü bir şekilde eşzamanlı yaratımını gerektirdiğini belirten Hoyle'un sert eleştirisi kabul gördü. Öte yandan, kararlı hal kuramı, yeni bir kavram öne sürmeden 3 Kelvin sıcaklığında homojen bir ışıma banyosu içine nasıl gömüldüğümüzü doğal yoldan açıklamıyor, ama büyük patlama bunu doğal yoldan açıklıyor. Kuramın daha yakın zamanlı versiyonlarına "yarı-kararlı hal kozmolojisi" denilmektedir ve bu versiyonlar kozmik mikrodalga arkaplan ışıması sıcaklığını ve güç spektrumunu açıklamaya çalışırlar. Öte yandan kurama göre yapılan ayarlamalar kasıtlıdır ve eldeki en iyi verilere yeterince uymamaktadır. California Üniversitesi'nden Ned Wright web sayfalarında eleştiride bulunmuştur. Büyük patlama evrenin genişlemesinden ziyade kızıla kayma için mekanizma öneren, kronometrik kozmoloji ve "yorgun ışık" kuramı gibi kuramlarca da eleştirilmiştir.
11. John Mather ve John Boslough, *The Very First Light: The True Inside Story of the Scientific Journey Back to the Dawn of the Universe* (New York: Basic Books, 1996).
12. Evren genişlerken ve hızla değişen sıcaklığa sahipken bir yıldız kararlı bir füzyon reaktörüdür, dolayısıyla "büyük patlama nükleosentezi" denen olgunun birçok incelikli noktası vardır. En önemli nokta, serbest nötronların 17 dakikalık yarılanma ömrüyle bozunmaları gerçeğidir, dolayısıyla nötronların protonlara oranı genişleme sırasında değişmekte ve bu da füzyonun nasıl ilerleyeceğini etkilemektedir.
13. Lityum miktarı keyif kaçırıcı bir şeydir, çünkü yıldızlarda gözlemlenen lityum miktarı büyük patlamanın öngördüğünden azdır. Öte yandan yıldızlar lityumu ürettikleri gibi yok da ederler ve büyük patlamayı lityumla test etmek temel atom fiziğinde daha iyi hesaplamaların kapısını aralamıştır. Gerçekte erken ev-

ren gözlemleri ve kuram, laboratuar fiziğinin ilerlemesine katkıda bulunabilecek bir düzeye erişmiştir günümüzde; sözgelimi bkz. A. Coc, E. Vagnioni-Flam, P. Descouvement, A. Adahchour ve C. Angulo, "Updated Big Bang Nucleosynthesis Confronted to WMAP Observations and the Abundance of Light Elements", *The Astrophysical Journal* 600 (2003), s. 544.

14. Simon Singh, *Big Bang: The Origin of the Universe* (New York: HarperCollins, 2004), s. 89.
15. M. White ve W. Hu, "The Sachs-Wolfe Effect", *Astronomy and Astrophysics* 321 (1997), s. 89.
16. Carl Sagan, *Kozmos: Evrenin ve Yaşamın Sırları*, çev: Reşit Aşçıoğlu, Altın Kitaplar, 2007.
17. Evreni duyusal keşfimizde ses ve ışık vardır, ama moleküller ortaya çıkana kadar koku işlemez, dolayısıyla koku ancak ilk ışık ve birkaç nesil yıldız doğumu ve ölümünden sonra devreye girebilir. Büyük patlamadan yüz milyon yıl kadar sonra büyük yıldızlar oluşup ağır elementler yaymaya başladıklarında ilk duman ve kükürt kokusunu alıyoruz.
18. Princeton Üniversitesi'nden Jerry Ostiker büyük ölçekli yapı ve galaksi oluşumu konularında diğer bir üst düzey kuramcıdır. Ostiker, bilgisayarlar yeterince geliştiğinde araştırma grubunda bilgisayar kullanmaya başladı. 1980'lerin ortasında üniversitenin dekanı oldu ve akademideki görevini yürütürken bile dekanlık ofisinin bodrumunda hesaplama gücünü geliştirme çalışmalarına devam etti.
19. Sverre Arseth, *Gravitational N-Body Simulations: Tools and Algorithms* (Cambridge: Cambridge University Press, 2003).
20. Bunun bir örneği kütleçekiminin ters kare yasasının avantajından faydalanır. Her ne kadar bir simülasyonda her bir parçacık diğer tüm parçacıklara kuvvet uygulasa da, birbirlerinden çok uzaktaki parçacıklar için bu kuvvet oldukça zayıftır. Anlaşılan simülasyonun doğruluğu, sizin incelediğiniz parçacıktan uzaktaki parçacıkları göz ardı etmenizle kayda değer ölçüde azalmıyor. Bu durum hesaplamaların sayısını önemli ölçüde azaltır. Diğer bir kısa yol da şu gerçeği içeriyor: Parçacıklar kütleçekimiyle birleştiğinde birbirlerine uyguladıkları kuvvet açısından tek bir varlık olarak düşünülebilirler. Benzer şekilde, parçacıklar birbirine yaklaştığında, hareketleri oldukça kusursuz izlenebilir, ama incelenen parçacıktan uzaklaşmış parçacıklar simülasyonun doğruluğuna pek etki etmeyen yumrular halinde kabaca gözlemlenebilir. Genelde bu yöntemler hesap ölçeklemesini N^2'den N'e değil de N x log N'e düşürür (burada N parçacık sayısıdır).

21. V. Springel vdl., "Simulations of the Formation, Clustering and Evolution of Galaxies and Quasars", *Nature* 435 (2005), s. 629.

13. NEDEN YOKLUK DEĞİL DE VARLIK VAR?

1. Filozoflar neden yokluk değil de varlık var sorusuna çok uzun zamandan beri kafa yormaktadır. Felsefede buna Kadim Varoluşsal Soru denilmektedir. "Varlığın var olduğu" hipotezi herhangi bir deneyle kanıtlanamaz, çünkü herhangi bir gözlem bir gözlemcinin varlığını ima eder. Yunanlı Parmenides, yokluk hakkında düşünmenin anlamsız olduğunu, çünkü imlemin varlığı ima ettiğini düşünüyordu. Eğer "Atlantis yok" dersek bu yine var olan bir şeye dair bir hüküm olur ve ancak var olan bir şeye dair hüküm verilebilir. Parmenides'e karşı çıkan Atomcular madde ve hareketin kaynağı olarak boş uzayda hareket eden görünmez ve bölünmez şeylerin var olduğunu savunuyorlardı. Matematikçiler bile yokluğu formüle dökerken zorlanırlar. Küme teoremi hemen hemen bütün matematiği tarif eder ve bizler sizi içeren bir kümeyi, sonra bu kümeyi içeren başka bir kümeyi ve böylece giden kümeleri tanımlayabiliriz. Ama bunun için öncelikle bir şeyin var olduğu varsayımında bulunmamız gerekir. Bilim felsefecisi ve metafizikçi Welsey Salmon boş küme hakkında şöyle diyor: "Bir ahmak boş kümenin olmadığını gönülden söyler. Ama öyle olsaydı, bu kümelerin kümesi de boş olurdu, çünkü *o* da boş küme olurdu."
2. Aslında Fermi'nin kullandığı klasik "Fermi problemi", Chicago'daki piyano akortçularının sayısını tahmin etme problemidir. İlk bakışta bu imkânsız gibi görünür. Bir dizi makul varsayımla gerçeğe yaklaşık bir rakam elde edilebilir. Chicago'da 3 milyon insan yaşıyor ve hane başına da kabaca 3 kişi düşüyor. 20 hane başına bir piyano düştüğünü ve piyanonun yılda bir kez akort edildiğini, bir akortçusunun bir piyanoyu iki saatte (yolculuk süresi dahil) akort ettiğini ve yılın her günü tam gün çalıştığını varsayarsak, bu bize yılda 50.000 akort gibi bir "pazar" ve akortçu başına 1000 akort gibi bir "iş potansiyeli" verir. İnternetteki Chicago Sarı Safyalarında 34 akortçuya ulaşılabiliyor ve bu eğer bütün akortçular oraya ilan vermiyorsa bu sayı düşüktür, dolayısıyla bu yöntem gayet iyi işliyor. Bir başka Fermi klasiği de 1950'de yaptığı spekülasyondur. Buna göre evrimin gerçekleşmesi için gereken uzun zamanı ve hayat potansiyelini taşıyan dünyaların çokluğu bizim bu evrende yalnız olmamızı ihtimal

dışı kılıyor. Dolayısıyla şu soruyu önümüze atıyor: "O dünyalar nerede?"

3. Graham Farmelo, *The Strangest Man: The Life of Paul Dirac* (Londra: Faber and Faber, 2009).
4. Bu gözlem Anderson'a yirmi yaşında Nobel Fizik Ödülü kazandırdı, böylece bu ödülü en genç yaşta kazanan kişi payesine kavuştu. Diğer bazı kişiler buluş fırsatını kaçırdılar. 1923'te Dmitri Skobeltsyn aynı etkiyi görüp epey şaşırınca diğer bilimadamlarıyla sonucu paylaştı ama çalışmaya devam etmedi. Nobel Ödülü'nü kaçırdı ama parlak kariyerinde altı kez Lenin Nişanı kazandı. Caltech mezunu Chung-Yao Chao laboratuvarda pozitrondan kaynaklanan bir anormallik gözlemledi, ama işin peşinden gitmedi.
5. Güneş büyük ölçüde maddeden oluşmaktadır, ama ilginç bir şekilde, bildiğimiz en mucizevi antimadde fabrikalarından biridir. Güneş ve diğer yıldızlar kozmik ışın adı verilen yüksek enerjili parçacıklar yayar ve bu parçacıklar diğer parçacıklarla çarpıştığında antiparçacıklar dahil yeni parçacıklar yan ürün olarak ortaya çıkar. Bu antiparçacıklar uzun yaşamayıp normal maddeyle ortadan kaybolurlar. 2002'deki tek bir Güneş patlaması bir antimadde havuzu veya ABD'nin iki günlük elektriğini karşılayacak bir güç üretti. Ve bunun milyarlarca kat fazlası her yıl parçacık hızlandırıcılarında üretilmektedir.
6. A. Cohen, A. De Rujula ve S. Glashow, "A Matter-Antimatter Universe", *The Astrophysical Journal* 495 (1998), s. 539.
7. Parçacık hızlandırıcıları, elektronlar noktaya benzeyen temel parçacıklarken, nötron ve protonların öyle olmadığını gösterdi. Proton her biri +2/3 yüküne sahip iki tane "yukarı" kuark ve her biri –1/3 yüküne sahip iki de "aşağı" kuarktan oluşur. Nötron ise bir yukarı kuark ve iki aşağı kuarktan oluşur. Kuarklar bileşik parçacıklara sıkıca bağlıdır ve serbest hareket ettikleri hiç görülmez. Büyük parçacıkların etkileşimleri için bir model öneren fizikçi Murray Gell-Mann ördeklerin çıkardığı sesi temsilen kuark terimini ortaya atmıştı. James Joyce'un *Finnegan's Wake* adlı romanında da kuark kelimesi (bazılarınca tamamen saçma şekilde) şöyle geçmektedir: "Efendi Mark için üç kuark."
8. Üçüncü nesil veya düzey kuarklar için bir süreliğine "doğruluk" ve "güzellik" isimleri verildi, ama fizikçiler bile acayip afili isimlere doydukları için "yukarı" ve "aşağı" gibi daha sıradan isimleri yeğlediler. Ve fizikçiler bile isimleri takip etmekte zorlandılar. Nobel Ödülü sahibi Enrico Fermi öğrencisi Leon Lederman'a –o da ileride Nobel Ödülü kazanmıştır– bir sefe-

rinde şöyle demişti: "Genç adam, şayet bütün bu parçacıkların isimlerini hatırlayabilseydim, botanikçi olurdum."

9. Protonlar ve nötronlar üçlü kuarklardan oluşur, ama kuark-antikuark çiftlerinden oluşan parçacıklar da vardır. Bunlara mezon denir. Mezonlar kararsız olup saniyenin küçük bir diliminde bozunur. Parçacık "çiftliğine" mezonların katılması fizikçilerin bile bütün parçacıklarla baş etmekte neden zorlandıklarını açıklıyor.
10. Robert Oerter, *The Theory of Almost Everything: The Standart Model, the Unsung Triumph of Modern Physics* (New York: Pearson Education, 2006).
11. Higgs bozonu fizikte en çok rağbet gören parçacıktır. Bu parçacığa ismini veren Peter Higgs Edinburgh Üniversitesi'nde emekli profesördür ve temel parçacıkların kütle edinme mekanizmaları üzerinde çalışırken bu parçacığın varlığını öne sürmüştü. Hem CERN'de hem de Fermilab'da yoğun çabalar sarf edilmesine rağmen 2011'in ortalarına kadar birçok hatalı beyanatın aksine Higgs parçacığı bulunamamıştır.
12. Işık hızına yakın hızlarda hareket eden nötrinolar elektrik yükü açısından nötrdürler ve maddeyle öyle zayıf etkileşim kurarlar ki hiç çekinmeden veya etkileşim kurmadan kilometreler kalınlığındaki kurşundan geçebilirler. Zayıf etkileşimleri zayıf nükleer kuvveti içerir ve beta bozunmasında üretilirler. Standart Model'de nötrinolar kütlesizdir ama üç ailenin –elektron, muon ve tau– çeşnileri olarak "salınmaları" kütle sahibi olmaları gerektiği fikrini veriyor. Şimdiye kadar yapılan deneyler mutlak kütleleri değil de çeşniler arasındaki kütle farklılıklarını ölçmüştür. Nötrinolar yeterince boldur ve karanlık maddeyi izah edecek kadar masiftirler ama kötü bir huyları vardır. Nötrinolar "sıcaktır" ve göreli hareket ederler, bu nedenle büyük ölçekli galaksi yapısını aşındırırlarken, farazi karanlık madde parçacığı "soğuktur" ve yapıyı sıkı bırakır.
13. Bu bütün fermiyonlar için geçerlidir. Parçacık yüklüyse antiparçacık onunla zıt yüklü olur. Parçacık nötron veya nötrino gibi nötr ise antinötron veya antinötrino da nötr olur. Elektromanyetik kuvvet taşıyan fotonlar da dâhil olmak üzere bozonlar kendi antiparçacıklarıymış gibi hareket ederler.
14. Bundan daha da büyük başarı 2003'te CERN'de bir antihelyum izotopu elde edilmesi oldu. Fakat onu havaya kaldırmak, bir anti-balonun içine koymak veya bir çocuğun doğum günü anti-partisinde veya anti-doğum günü partisinde kullanmak için ondan yeterli miktarda toplamanın gerçekçi bir yolu yoktur.

15. Eğer uzay, zaman ve yük üçlüsü evrensel bir simetri olarak kalacaksa o halde zamanın tersine çevrilmesinin de ihlal edilmesi gerekir. Dolayısıyla K mezonu zaman okunu ayırt edebilen bir parçacıktır. Bu etkiler için yapılan en hassas bazı testler günümüzde antiatomlar üzerinde yapılan deneyleri içeriyor.
16. Ayrıca o esnada kalan kuarklar çifter çifter dizilip mezonları, üçerli gruplar halindeyse baryonları oluşturur ve evren soğudukça güçlü nükleer kuvvetle bu düzenekler içinde sıkıca tutulurlar. Eski ve soğuk evrende serbest kuarklara asla rastlanmaz.
17. Nick Bostrom, *Anthropic Bias: Observation Selection Effetcs in Science and Philosophy* (New York: Routledge, 2002).
18. İnce ayar savlarının tarihinde başka bir damar da boyutsuz sayıların antropik rastlantı olduğu yönündeki düşüncedir. 1919'da Hermann Weyl iki elektron arasında elektromanyetik kuvvetin kütleçekimsel kuvvete oranının neden 10^{39} gibi büyük bir rakam olduğunu merak ediyordu. Kısa bir süre sonra astrofizikçi Arthur Eddington bu sayının karesinin evrendeki parçacık sayısını verdiğine dikkat çekti ve Paul Dirac 10^{39}'un aynı zamanda ışığın bir protonu geçme süresine bölünmüş yıldız ömrüne eşit olduğunun altını çizdi. 1962'de Robert Dicke çok sayıda rastlantıya açıklık getirdi. Bu insanların hepsi büyük bilimcilerdir ama boyutsuz sayıları açıklamak için temel bir kuram olmayınca antropik izahlar teolojiye ve sayı ilmine bulaşıyor ve sonuçta rağbet görmüyor.
19. Roger Penrose, *Kralın Yeni Usu*, çev: Tekin Dereli, TÜBİTAK Yayınları, 1998.
20. Stephen Hawking, *Zamanın Kısa Tarihi*, çev: Dr. Sabit Say ve Murat Uraz, Milliyet Yayınları, 1989.
21. John Leslie, *Universes* (New York: Routledge, 1989).
22. V. Stenger, "Natural Explanations fort he Anthropic Coincidences", *Philosophy* 3 (2000), s. 50. Stenger "Maymun Tanrı" diye bir program geliştirdi. Farazi evrenlerin ne sıklıkla ağır elementler, uzun ömürlü yıldızlar ve hayat üretebileceğini hesaplamak için bu evrenlerin fiziksel parametrelerini bu programla değiştiriyordu. Fiziksel parametrelerin makul aralığındaki değişimler için yaşam barındıran evrenlerin ender olmadığını öne sürdü. Hassas ayar ve ona eşlik eden antropik savlara dair ayrıntılı ilk kitap: J. Barrow, ve F. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle* (New York: Oxford University Press, 1986).

14. BİRLEŞME VE ŞİŞME

1. Steven Weinberg, *The First Three Minutes* (New York: Basic Books, 1977).
2. Aynı ısıdaki bir gaz, sıvı veya katı ısısal dengededir. Isı normal bir gaz, sıvı veya katı içindeki atomların ve moleküllerin çarpışmalarıyla taşınır ve bu da maddelerin zamanla ısı dengesine kavuşmasını sağlar. Erken evren yüksek ısıda bir gazdı, ama öylesine hızlı genişliyordu ki sıcaklıktaki ilk değişimler çarpışmalarla dengelenemedi. Işıma saniyede 300.000 kilometre yol kat eder ve bu bir maddeyi ısı dengesine kavuşturmak için enerji nakletmenin en hızlı yoldur. Fakat erken evren ışıktan çok daha hızlı genişlediğinden sıcaklıkta ilk halden sapmalar "sabit" kaldı.
3. Diğer kalıntılar uzay-zamandaki sicim adı verilen bir ve iki boyutlu kopuşları ve doku adı verilen bölge duvarları ve karmaşık uzay-zaman arızalarını içerir. Manyetik tekkutuplar elektromanyetik, zayıf ve güçlü nükleer kuvvetleri birleştirmek üzere geliştirilmiş, Standart Model'in uzantısı olan büyük birleşik kuramların vardığı bir sonuçtur. 1970'lerde ortaya atılan bu kuramlar her yerde var olan ve normal parçacıklardan sayıca geçen esrarengiz kalıntılar olduğunu tahmin ediyorlar. Kozmolog Martin Rees bu tahminlere temkinli yaklaşır: "Esrarengiz fiziğe kuşkuyla bakanlar zaten farazi olmaktan öte geçmeyen parçacıkların yokluğunu açıklayan kuramsal bir savdan fazlaca etkilenmeyebilirler. Önleyici tıp var olmayan bir hastalığa karşı zaten yüzde yüz etkili olabilir!" Bkz. Rees'in popüler kitabı *Before the Beginning* (New York: Basic Books, 1998).
4. A. Guth, "Was Cosmic Inflation the 'Bang' of the Big Bang?", *The Beamline* 27 (1997), s. 14.
5. Leon Lederman ve Chris Hill, *Symmetry and the Beautiful* Universe (New York: Prometheus, 2004).
6. Fizikte Emmy Noether 1918'de simetrilerin enerji veya momentum korunumu gibi temel korunum yasalarıyla ilişkili olduğunu gösterdi. Özel izafiyette Einstein uzay-zaman simetrisini temel öncül katına yükseltti ve bunun sonucu da ışık hızına yakın hızlarda gözlemlenen kütle, uzunluk ve zamanın garip çarpıklıklarıdır. Einstein daha da ileri giderek bu düşüncesini genel izafiyetle geliştirdi. Simetri ilkesi kuantum mekaniğinin gelişmesinde de merkezi bir yer işgal eder ve mikroskopik ve makroskopik dünyaları açıklayabilecek birleşik fizik yasalarına yönelik mevcut arayışta da esaslı bir rol oynamaktadır.
7. Alıntı için bkz. A.V. Voloshinov, "Symmetry as a Superprinciple in Sience and Art", *Leonardo 29* (1996), s. 109.

8. Özellikle yüz simetrisi ve güzelliği konularında oylumlu bir literatür vardır, sözgelimi bkz. D. Perrett, "Symmetry and Human Facial Attactiveness", *Evolution and Human Behavior* 20 (1999), s. 295.
9. Mario Livio, *The Equation That Couldn't Be Solved* (New York: Simon and Schuster, 2005).
10. Kuvvetlerin birleşmesi için gereken sıcaklığın çok altında birleşmenin işaretleri olabilir. Fakat bütün akılcı yaklaşımlar Higgs parçacığının keşfini beklemektedir, çünkü bu parçacık, güçlü etkileşime katılan kuarklar da dahil olmak üzere temel parçacıkların kütle ölçeğini belirleyen Standart Model'in küçük bir uzantısını temsil etmektedir. Evet, Higgs parçacığı kütlenin tanımlanmasında çok önemli bir rol oynuyor; ama bunun dışında, çok çeşitli birleşme kuramları ve potansiyel "düşük enerjili" işaretler var, öyle ki şimdiki hızlandırıcıların güçlü bir sınırlama getirmesi çok zor görünüyor. Aslında büyük birleşik kuram için tek bir sıcaklık ve enerji yoktur; bunlar kuramın ayrıntılarına göre değişiyor.
11. Büyük birleşik kuramlar karmaşık ve şaşırtıcı ölçüde soyut matematik içinde simetri barındırırlar. Simetri içeren her türden dönüşümü kapsamak üzere tasarlanmış bir cebir türü kullanırlar. Bu cebir bir, iki, üç ve daha fazla boyuta sahip çok boyutlu eğri uzaylar açısından geometrik bir tarif yapar. Fizik kuramı soyut matematiksel olan temel bir simetriyle karşı karşıya ve aslında aynı formülleştirme "gerçek dünya" ile hiç ilgisi olmayan matematikte de kullanılmaktadır.
12. Süper simetri, fermiyonlar veya parçacıklar ile bozonlar veya kuvvet taşıyıcıları arasında etkileşimler olduğunu varsayar. Bozonlar tam sayı spine, fermiyonlar ise buçuklu spine sahiptir ve kuantum kuramında aralarında hiçbir etkileşim olmaz. Doğal olarak fermiyonların süper simetrik eşleri sıfır spine, bozonların süper simetrik eşleri de buçuklu spine sahiptir.
13. Brian May ve Queen 300 milyonluk bir albüm tirajı yakaladı ve May 2005'te Planet Rock anketinde tüm zamanların en iyi on gitaristinden biri seçildi. Britanya imparatorluğunun bir komutanıydı ve benim mezun olduğum Imperial College'da 2007'de astrofizik doktorasını tamamladı. Julia kümesine dayanan fraktallar 1970'lerin ortasında değişik matematikçiler tarafından inceledi ve ilk kez 1970'lerin sonlarında Fransız matematikçi Benoit Mandelbrot tarafından görselleştirilip popülerleştirildi.
14. Alan Guth, *The Inflationary Universe: The Quest for a New Theory of Cosmic Origins* (New York: Perseus, 1997).
15. Vakum enerjisi eğer Einstein'ın kozmoloji sabitine benziyorsa negatif basınca sahiptir. Daha önce gördüğümüz gibi, evrenin

şimdiki hızlanmasını yürüten "karanlık enerji" ile karşılaştığımızda vakum enerjisi şimdiki hızlanmayı açıklayamayacak kadar büyüktür. Mantıken ilk şişmeyi açıklayabilir ama şu an ikna edici bir açıklama sunan nicel bir kütleçekim kuramı bulunmamaktadır.

16. Daha doğrusu mikrodalga değişimleri Gaus istatistiği veya rastlantısal istatistik tarafından yönetilir ve küçük ölçeklerin logaritmik olarak küçük katkılarda bulunduğu bir kuvvet yasası özelliğine sahiptir. Kuvvet yasaları sadece iki parametreyle tarif edilir: kuvvet ve eğim. –1 değerinde eğime sahip bir kuvvet yasası ölçekten bağımsız dalgalanmalara karşılık gelir.
17. Yeni ölçüm mikrodalga arkaplan ışımasının polarizasyonunu saptamaya bağlıdır. Evrenin nötr olduğu ve madde ile ışımanın son kez etkileşim kurduğu zaman gözlemlenen ışıma dalgalanmaları üç farklı davranış sergiler. Galaksi oluşumuna yol açan 100.000'de 1 oranında dalgacıklara ses dalgalarındaki gibi basınç ve seyrekleşme yol açar. İkinci tür anafora veya girdaba benzer. Üçüncü türe de farklı yönlerde farklı miktarlarda uzayı eğen kütleçekim dalgaları yol açar ve bu etki ışımayı hafifçe kutuplaştırır. Bu türler standart sıcaklık değişimlerinden 1000 kat daha küçük olabileceğinden *Planck* onları saptayamazdı. Eğer çoğu şişme modelinin öngördüğü gibi sadece 100 kat küçük olsalardı çok erken evrenin fiziğini yeni ve esaslı bir teste tabi tutma şansımız olurdu.
18. T.S. Eliot, *Çorak Ülke, Dört Kuartet ve Başka Şiirler*, Adam Yayınları.
19. Guth'un düşüncesinden çok önce kuramcılar vakum enerjisinin kozmolojideki rolü üzerine fikir yürütmüşlerdi. Ed Tryon, vakum dalgalanmasının sıfır toplam enerji maliyetiyle evreni meydana getirmiş olabileceğini belirtmişti. Guth'un çok önemli yazısından önce 1979'da Alexei Starobinsky şişme için geçerli bir mekanizma öne sürdü, ama bu mekanizmanın belli başlı bazı kozmoloji problemlerini nasıl çözebileceğini fark edemedi. Guth'un "zarif çıkış" problemini Paul Steinhardt ve Andreas Albrecht birbirlerinden bağımsız şekilde çözdüler. 1980'lerin başında birçok kuramcı söz konusu alana büyük katkılarda bulundu. Bu kuramcıların çoğunluğu Rus'tu; bu da eski Sovyetler Birliği'nde fizik alanındaki kuramsal geleneğin canlılığına işaret etmektedir (bu gelenek geçtiğimiz yarım asırda ne yazık ki büyük ölçüde zayıflamıştır). Guth ve Linde çalışmalarından dolayı akademik şöhret ve önemli statü kazandılar; bu durum, bilinen ve bilinmeyen kahramanların olduğu, yeni fikirlere ender rast-

lanan ve büyük katkılar ile küçük katkılar arasındaki ayrımın kolay seçilemeyebildiği, bilimde tipik olan bir durumdur. Her iki bilimadamı da popüler kitaplar yazdılar ve sık sık bu ezoterik fikirleri geniş kitlelere ulaştırdıkları konferanslar yaptılar.

20. Elektrik potansiyeli sayıl bir alandır. Parçacık fiziğinin formülleri içinde simetrinin bozulmasıyla ilintili sayıl alanlar vardır. Dolayısıyla uzaya, elektrozayıf bir birleşme zamanında ve alanla etkileşimlerinin bir sonucu olarak yaratılmış sayıl bir alanla nüfuz edilir. Zayıf etkileşimi taşıyan W ve Z bozonları ağırken, elektromanyetik etkileşimi taşıyan fotonlar hafiftir. Aynı şekilde, varsayımsal Higgs parçacığı şimdiki düşük ısılı evrende parçacıklara kütle kazandıran bir sayıl alanla ilintilidir. Diğer türde bir sayıl alandaki değişimler şişmenin sebebi olarak görülmektedir ve parçacık fizikçileri şişmeyi genellikle büyük birleşik kuramlardaki simetri bozulmasına isnat ederler.
21. Ufuklarla sınırlanan uzay-zaman, kara deliklere benzer. Ebedi şişme şemasının bir türü, kara deliklerle gerçekleşen tomurcuklanma sürecini içerir. Bir kara delik ne zaman bir tekilliğin içine çökse başka bir uzay-zamanın içine sıçrar ve yeni bir şişen evren yaratılır. Bebek evren senaryosudur bu.
22. Richard Feynman, *Fizik Yasaları Üzerine*, çev: Nermin Arık, TÜBİTAK Yayınları, 1997.
23. Jim Al-Khalili, *Quantum: A Guide to the Perplexed* (Londra: Weidenfield and Nicholson, 2005).

15. ÇOKLU EVREN

1. Michael Shermer ve Stephen Jay Gould, *Why People Believe Weird Things: Pseudoscience, Superstition, and Other Confusions of Our Time* (New York: Henry Holt and Company, 2002).
2. Stephen Hawking, *Zamanın Kısa Tarihi*, çev: Sabit Say ve Murat Uraz, Milliyet Yayınları, 1989.
3. Her ne kadar bu zaman ve uzay ölçekleri inanılmaz küçük ve buna karşılık gelen enerji ve sıcaklık ölçekleri inanılmaz büyük olsa da Planck ölçeği bir bakıma fiziğin "doğal" ölçeğidir. Bu niceliklerin her biri üç temel sabitin –ışık hızı, Planck sabiti ve kütleçekim sabitinin– farklı bir cebirsel kombinasyonudur. Uzunluğu, zamanı ve enerjiyi türetmek için bu üç sabiti birleştirmenin tek bir yolu vardır; bu nedenle Planck ölçeği fizik kuramları için çok önemli addedilir. Fakat bu ölçek kuantum mekaniğiyle izafiyetin buluştuğu bir duruma karşılık geldiğinden ve onları birleştiren test edilmiş bir kuram olmadığından, aynı

zamanda bizim fizik anlayışımızın sınırıdır. Planck birimlerine biraz da iğneleyici bir üslupla "Tanrı'nın birimleri" denilmektedir, çünkü bu birimler herhangi bir insani ölçüte (sözgelimi uluslararası birimler sisteminden farklı olarak) atıfta bulunmadan türetilmiştir. Bazı bilimadamları akıllı uzaylıların başka akıllı uzaylılarla iletişim kurmak için böyle bir sistemi kullanıyor olabileceğini bile öne sürmüştür. Planck birimleri doğayla ilgili soruları yeni bir çerçeveye oturtma olanağını fizikçilere sunmaktadır. Sözgelimi Frank Wikczek şöyle yazmıştır: "Sormamız gereken soru 'Kütleçekimi neden bu kadar zayıf?' sorusu değil, 'Protonun kütlesi neden bu kadar küçük?' sorusudur. Zira Doğa veya Planck birimlerinde, kütleçekim gücü birincil niceliktir, ama protonun kütlesi minicik bir sayıdır." (*Physics Today*, Haziran 2001, s. 12).

4. Kuantum mekaniğini genel izafiyetle uzlaştırmak bir matematik problemleri deryasında, öncelikle de hesaplamalarda ortaya çıkan "sonsuzluklar" kümesinde dibe vuruyor. Soyut matematikte sonsuzluklar pek sorun çıkarmaz ve aslında zengin bir araştırma alanını tanımlar. Fizikteyse sonsuzluklar bir sorundur, çünkü fiziksel niceliklerin hep belirli veya sonlu olması gerekir. Örneğin, Standart Model'de elektronların hacmi yoktur ve dolayısıyla sonsuz kütle yoğunluğuna ve sonsuz yük yoğunluğuna sahiptirler. Bu basit bir örnek: Başka açılardan oldukça başarılı olan kuantum etkileşimleri kuramında pek çok sonsuzluk ortaya çıkmaktadır. Fizikçiler onlarla faydalı hesaplamalar yapabilmek için yeniden normalleştirme adında bir yöntem geliştirdiler. Bu yöntem sonsuzlukları sıfıra indirmek için zekice bir yoldur. Bilhassa Paul Dirac bu durumdan rahatsızdı ve akla yatkın bir matematiğin sonsuz büyük olan değil de çok küçük olan (bunu istemeyiz çünkü) bir niceliği göz ardı etmesi gerektiğini söylerdi. Keza Richard Feymann'ın da bu duruma canı sıkılır ve yeniden normalleştirmeyi "deli işlemi" ve "hokuspokus" diye nitelerdi. Onların çekincelerine rağmen yeniden normalleştirme fiziğin standart araçlarından biridir ama Planck ölçeği söz konusu olduğunda tamamen çuvallamaktadır.
5. George Musser, *The Complete Idiot's Guide to String Theory* (Indianapolis: Alpha, 2008).
6. 1820'lerde Carl Friedrich Gauss üç boyutlu bükülü uzayın genel geometrisini çıkardı ve bu çalışması yüz yıl sonra Einstein'ın genel görelilik kuramını geliştirmesinde anahtar rol oynadı. 1850'lerde Bernhard Reimann Gauss kuramını genişleterek "manifold" denilen yüksek boyutlu uzaylara uyarladı. Diferan-

siyel geometride olası boyutların sayısında bir sınır yoktur. Bu çalışma, 1920'lere kadar, gerçek dünyada uygulaması olmayan ezoterik matematik olarak değerlendiriliyordu. O yıllarda Theodor Kaluza ve Oscar Klein beş boyutlu uzay-zaman çerçevesinde kütleçekimiyle elektromanyetizmayı birleştirmeye çalıştı. Kaluza ve Klein'ın araştırması şimdilerde devam eden süper sicimler ve 10 boyutlu uzay-zaman çalışmaları üzerinde etkisini sürdürmektedir.

7. Lisa Randall, *Warped Passages: Unraveling the Mysteries of the Universe's Hidden Dimensions* (New York: Ecco Press, 2005).
8. Farklı sicim kuramları arasında ilişki, ikilikler denilen bir dizi dönüşümle kurulur. İkilikler bir sicim kuramını diğerinin üzerine bindirmekle kalmaz, her zaman ayrı olduğu düşünülmüş nicelikleri de birbirine bağlar: büyük mesafe ölçeği ve küçük mesafe ölçeği ve güçlü kavrama sabiti ve zayıf kavrama sabiti. İkilikler ilginçtir, çünkü söz gelimi fizikteki çok küçük ölçekler ile çok büyük ölçekler arasındaki ayrımın sabit olmadığını, mesafeyi ölçme yöntemimize bağlı olarak değişebileceğini ima eder.
9. 10^{500} 1'in yanına 500 tane sıfır konularak yazılan sayıdır. Şimdiye değin karşılaştığımız en yüksek somut sayı 10^{80}'dir: Bu, gözlemlenebilir evrendeki parçacık sayısıdır. Bu parçacıkların her biri 10^{80} parçacıkla, bunlar da yine 10^{80} parçacıkla, bunlar da yine 10^{80} parçacıkla ve bunlar da 10^{100} parçacıkla ilişkilidir. Çok büyük sayı!
10. Brian Greene, *The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory* (New York: Norton, 2003), ve Brian Greene, *The Fabric of the Cosmos: Space, Time and the Texture of Reality* (New York: Alfred A. Knopf, 2004).
11. Lee Smolin, *The Trouble with Physics: The Rise of String Theory, the Fall of a Science, and What Comes Next* (New York: Houghton Mifflin, 2006) ve Peter Woit, *Not Even Wrong: the Failure of String Theory and the Search for Unity in Physical Law* (New York: Basic Books, 2006).
12. Sicim kuramı üzerine yapılan tartışmanın sertliği çoğu fizikçiye can sıkıcı gelirken, kuramsal fiziğin salt düşünsel tartışma olduğunu sanan sıradan insanlara da şaşırtıcı gelmektedir. Yirmi yıl önce Richard Feynmann sicim kuramını "delice" ve fizik için "yanlış yönelim" diye eleştiriyordu. Keza sicim öncesi dönemde parçacık fiziğindeki en büyük başarılarından birine imza attığı için Nobel Ödülü kazanmış Sheldon Glashow Harvard'daki bölümüne sicim kuramcılarını almamaya uğramış ve bunda ba-

şarısız olmuştu. M-kuramındaki "M" harfi için daha düşmanca öneriler "murky" (anlaşılması zor) ve "mastürbasyon" idi. Sicim kuramı olgunlaştıkça estetik temellerde ona cazibe katan sadeliğini (ve gençlik masumiyetini) yitirdi ve onu küçümseyenler, fizik camiasını, "sürü düşüncesine sahip olmak" ve sicim kuramı üzerinde çalışmayan genç kuramcılara iş bulma olanağı tanımayan bir ortam yaratmakla suçladılar. Sicim kuramına karşı söylenen bazı sözler abartılı olsa da eğer kuram test edilmeden kalıyorsa ve sosyoloji fizikçilerin üzerinde çalıştığı problemleri belirliyorsa bu sağlıksız bir durumdur.

13. Martin Rees, *Before the Beginning* (Reading, MA: Helix Books, 1997).
14. A. Linde ve V. Vanchurin, "How Many Universes Are in the Multiverse?", *Pyhsical Review D* 81 (2010), s. 83525.
15. M. Tegmark, "Parallel Universes", Scientific American (Mayıs 2003), s. 41. Tegmark bütün olası evrenlerin eşit oranda olası olduğu varsayımından hareketle en yakın ikizi hesaplamakta, ama metninde savunduğu gibi, gezegen oluşumunun ve biyolojik evrimin doğallığı bazı evrenleri diğerlerinden daha olası kılabilir ve böylece öteki-beninize olan mesafe ortadan kalkar.
16. Kuantum mekaniğinin "birçok dünya" yorumunu Hugh Everett 1957'de doktora tezinde formüle etmiş, 1960'lar ve 1970'lerdeyse Bryce DeWiit popülerleştirmiştir. Bu yorumun amacı radyoaktif bozunma gibi tekil kuantum olaylarının doğası gereği olasılıksal olduğunu, kuantum mekaniğini yöneten denklemlerin determinist olması gerçeğiyle uzlaştırmaktır. Fizikçiler bu fikre farklı tepkiler verdiler. Çoğu söz konusu fikri daha yerleşik Kopenhag yorumu gibi gerçekliğin geçerli bir tarifi olarak kabul ederken içten içe rahatsızlık duyup ondan bahsetmemeyi yeğliyor genellikle.
17. Leonard Susskind, *The Cosmic Landscape: String Theory and the Illusion of Intelligent Design* (New York: Little Brown, 2005).
18. Doğanın çeşitli yanlarını tarif ettiği sonradan anlaşılan soyut matematik örnekleri çoktur. Matematikçiler Platon'un görüşünü kabul etmeye yatkındır. Karmaşık sayıların tekrarlayan basit bir ilişkisi –Mandelbrot kümesi– iki boyuta uyarlandığında ortaya çıkan sonsuz ve sonsuz karmaşık "dünya" Roger Penrose'u şaşırtmıştı. İcattan ziyade keşiften yana yaptı tercihini: "Mandelbrot keşfedilmeyi bekliyordu, tıpkı Everest Dağı gibi orada durarak!" (*Kralın Yeni Usu*, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, 1998). Geçtiğimiz yüzyılda fizikçiler doğanın karmaşık yüzlerini tarif eden kuramların zarifliği, güzelliği ve

basitliği karşısında hayran kaldılar. Eugene Wigner 1959'da yaptığı bir konuşmada şöyle dedi: "Doğa bilimlerinde matematiğin müthiş faydası gizemli olanın sınırına dayanmıştır." (*Communications in Pure and Applied Mathematics* 13, no. 1, 1960, s. 13).

19. Planck ölçeği Büyük Hadron Çarpıştırıcısı veya diğer herhangi bir fizik cihazının erişemeyeceği kadar yüksek basamaklıdır. Öte yandan durum tamamen umutsuz değildir, çünkü yüksek enerjili davranışların ışığı düşük enerjili olgulara yansır. Fizikçiler süper simetrinin ötesinde sicim kuramında ve onun çoklu evrendeki uzantısında merkezi yer işgal eden gizli boyutları dolaylı olarak saptayabileceklerini umuyorlar. Aynı ölçekleri tanılamanın diğer bir yolu da hızlandırıcıları ya da kozmik ışınları kullanarak minyatür kara delikler yaratmaktır. Son zamanlarda Craig Hogan Planck ölçeğindeki uzay-zaman "piksellerinden" faydalanılarak artırılmış sesi saptamak için bir laboratuar deneyi önerdi. Buna göre herhangi bir uzay hacminin, tamamen sınırında olan bitenle tarif edildiği "holografik ilkeye" başvurulacaktı. Hogan, her ne kadar tahmini ancak özel izafiyetin kuantum kütleçekimi ölçeğinde ihlal edildiği durumda geçerli olsa da, Planck ölçeğinde pikselli uzay-zaman "sapmasını" ölçmek için çok hassas bir optik girişimölçer kullanmayı umuyordu.
20. M. Livio ve M. Rees, "Anthropic Reasoning", *Science* 309 (2005), s. 1022.
21. Küçük olmakla birlikte giderek büyüyen bir araştırma literatürü, sicim kuramı veya M-kuramının payandalığını yaptığı bir çoklu evrende temel fiziksel parametrelerin olasılık dağılımını tahmin etmeye uğraşıyor. Test edilmiş bir "her şeyin kuramı" olmadığı için bunu yapmanın zor olduğunu söylemeye gerek yok, ama eğer bir çoklu evren olarak evrenimizin ince ayarı anlaşılacaksa söz konusu testin yapılması şart.
22. Bu savın öncülü, beynin bütün sinirsel bağlantılarının ve faaliyetinin toplamından öte bir şey olmadığını söyleyen "alt katman bağımsızlığı" fikridir. Çoğu hümanist ve bazı felsefeciler bunun gibi materyalist bir öncülden hoşlanmayarak bilincin, idrakın ve insan olmanın tanımlanamaz niteliğinin bir sinir ağına ve bilgisayar soyutlamasına indirgenemeyeceğinde ısrar ederler. Yine de bilimsel deneyler "zihnin" silikonun içine depolanıp, isteğe göre şekillendirilebildiğini, yüklenip indirilebildiğini kanıtlıyor ve böylece "alt katman bağımsızlığı" fikrinin doğru olma ihtimalini kuvvetlendiriyor.

23. N. Bostrom, "Are You Living in a Computer Simulation", *Philosophical Quarterly* 53, no. 211 (2003), s. 243.
24. Paul Steinhardt ve Neil Turok, *Endless Universe: Beyond the Big Bang* (New York: Doubleday, 2007).

GÖRSEL KAYNAKÇA

Şekil 1.1: T.A. Rector, I.P. Dell'Antonio / NOAO / AURA / NSF.
Şekil 1.3: Greg L. Ruppel.
Şekil 1.4: NASA / MSFC / Renee Weber.
Şekil 1.5: NASA / Apollo 11.
Şekil 2.1: NASA / Jet Propulsion Laboratory.
Şekil 2.2: NASA / Jet Propulsion Laboratory.
Şekil 2.3: Larry McNish / Royal Astronomical Society of Canada
Şekil 2.4: B. Dalrymple, V. Murthy, C. Patterson, D. York ve R. Farquhar.
Şekil 2.5: Subaru Telescope / National Observatory of Japan.
Şekil 3.2: Paul Butler vdl. / Department of Terres.
Şekil 3.3: NASA, ESA ve D. Lafrieniere / University of Toronto.
Şekil 3.4: Greg Laughlin / California and Carnegi Planet Search.
Şekil 3.5: Greg Laughlin / California and Carnegi Planet Search.
Şekil 3.6: NASA / Kepler Mission.
Şekil 4.1: Wikimedia Commons / Borb.
Şekil 4.2: NASA / JPL-Caltech / J. Pyle / Spitzer Science Center.
Şekil 4.3: NASA / Goddard Space Flight Center.
Şekil 4.4: Orionis / Wikimedia Commons.
Şekil 5.1: National Park Service / United States Government.
Şekil 5.2: NASA / STScI / David Kaplan / University of California, Santa Barbara.
Şekil 5.3: Johnson / Wikimedia Commons.
Şekil 5.4: European Space Agency.
Şekil 5.5: Andrea Ghez / UCLA Galactic Center Research Group.
Şekil 6.1: NOAO / AURA / NSF / Bill Shoening, Vanessa Harvey.
Şekil 6.2: NASA / Space Telescope Science Institute.
Şekil 6.3: European Southern Observatory.
Şekil 6.5: NASA / JPL-Caltech / J. Pyle / Spitzer Science Center.
Şekil 7.1: *Proceedings of the National Academy of Science*, 2004, cilt 101, s. 8.
Şekil 7.2: Brews ohare / Wikimedia Commons.
Şekil 7.4: Schaap / Wikimedia Commons.
Şekil 7.5: NASA / JPL-Caltech / GSFC / SDSS.

Şekil 7.6: NASA / ESA ve Hubble Heritage Team.
Şekil 8.1: NRAO / AUI.
Şekil 8.2: NASA / CXC / M. Weiss.
Şekil 8.3: Marc Turler / Geneva Observatory.
Şekil 8.4: NASA / ESA / John Hutchings.
Şekil 9.1: LSST Corporation / Howard Lester.
Şekil 9.2: NASA / Space Telescope Science Institute.
Şekil 9.4: NASA / ESA E. Hallman.
Şekil 9.5: Saul Perlmutter / *Physics Today.*
Şekil 10.1: NASA / ESA / Space Telescope Science Institute.
Şekil 10.2: NASA / ESA / Space Telescope Science Institute.
Şekil 10.3: Wikimedia Commons / Htkym.
Şekil 10.4: NASA / Spitzer Space Telescope.
Şekil 10.5: Exoplanet Encyclopedia / J. Schneider / CNR.
Şekil 11.1: Physics of the Universe / Luke Mastin.
Şekil 11.2: NASA / Goddard Space Flight Center / WMAP.
Şekil 11.3: NASA / United States National Parks Service / Bell Labs.
Şekil 11.4: NASA / Goddard Space Flight Center / COBE.
Şekil 11.5: NASA / Goddard Space Flight Center / COBE.
Şekil 11.6: NASA / Goddard Space Flight Center / WMAP.
Şekil 12.1: NASA / Goddard Space Flight Center / WMAP.
Şekil 12.2: NASA / Goddard Space Flight Center / WMAP.
Şekil 12.3: NASA / Goddard Space Flight Center / WMAP.
Şekil 12.4: Volker Springler / Max-Planck Institute for Astrophysics.
Şekil 13.1: NSF / Kirk Woellert.
Şekil 13.2: Fermi National Accelerator Laboratory.
Şekil 13.3: Fermi National Accelerator Laboratory.
Şekil 13.4: Maximillien Brice / CERN.
Şekil 14.1: Dartmouth Electron Misroscope Facility / Wikipedia.
Şekil 14.3: Particle Adventure / NSF / DOE.
Şekil 14.4: Wikimedia Commons / Chrkl.
Şekil 14.5: Wikipedia Foundation.
Şekil 15.2: Wikimedia Commons / MissMJ.
Şekil 15.3: Carlos Herdeiro.
Şekil 15.4: Wikimedia Commons / Jbourjai.
Şekil 15.5: Wikimedia Commons / Dc978.

DİZİN

A

Alpha Centauri 65, 85, 86, 415
Alt katman bağımsızlığı 462
Anaksagoras 23, 90, 120, 415
Antimadde 135, 266, 332, 333, 334, 338, 340, 341, 344, 345, 349, 354, 356, 361, 452
Antiparçacık 136, 331, 332, 333, 335, 338, 340, 343, 349, 351, 367, 374, 377, 452, 453
Antropik ilke 266, 395, 396
Apollo (misyonları) 16, 18, 31, 32, 33, 39, 42, 51, 124, 223, 333, 405, 406, 407, 408, 410, 465
Apollo Programı 32, 39, 42, 407
Arap 120, 419
Aristo 222, 223, 394, 412, 420, 448
Asimetrik 341
Asteroit Kuşağı 39, 47, 55, 411
Atom 7, 8, 10, 18, 50, 53, 92, 93, 97, 98, 99, 100, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 119, 123, 124, 205, 269, 275, 278, 284, 285, 318, 322, 324, 325, 330, 335, 338, 344, 347, 349, 350, 355, 357, 358, 359, 375, 378, 379, 384, 390, 391, 393, 395, 405, 431, 436, 445, 446, 449, 455
Atomaltı parçacıklar 10, 330, 351, 384, 416, 436
Atom fiziği 449
Ay 9, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 35, 36, 37, 38, 42, 43, 46, 48, 49, 50, 51, 56, 58, 79, 118, 119, 210, 223, 403, 405, 406, 407, 408, 415

B

Babil 43, 409
Baryon 449, 454
Berilyum 109, 312, 418
Beyaz Cüce 104, 105, 112, 122, 124, 240, 260, 269, 443
Bilgisayar 31, 33, 56, 57, 72, 80, 83, 151, 162, 187, 230, 235, 248, 261, 282, 320, 321, 322, 323, 324, 378, 379, 396, 397, 400, 419, 426, 440, 446, 462
Biruni, (Ebu Reyhan el-) 420
Bohr, Niels 375
Bozon 329, 330, 336, 344, 453, 456, 458
Brane 399, 400, 401, 402
Brown, Dan 338, 445
Bruno, Giordano 64
Buda 402
Büyük patlama 8, 9, 10, 274, 276, 277, 278, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 288, 289, 291, 293, 295, 296, 298, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 323, 324, 340, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 352, 353, 354, 360, 365, 370, 371, 373, 375, 390, 391, 395, 399, 400, 401, 445, 449

C-Ç

Calabi-Yau çokyüzlüsü 390
Callisto 46, 57
Cassini, Giovanni 40, 90
CERN 336, 338, 343, 344, 357, 453, 466
Challenger 440
Clarke, Arthur C. 58
Columbia 408
Çin felsefesi 21

D

Dalga boyu 71, 121, 130, 173, 174, 197, 200, 205, 209, 233, 257, 282, 284, 286, 291, 307, 315, 339, 372, 432, 435, 447
Darwin, Charles 92, 415, 427
Dawkins, Richard 444
Demir 27, 45, 52, 53, 99, 108, 109, 111, 169, 335, 347, 359, 419
Demokritos 64, 120, 327
Determinizm 79, 375, 380
Dış gezegen 55, 73, 74, 82, 443
Dirac, Paul 330, 331, 332, 356, 360, 364, 452, 454, 459
Discovery 407, 414, 432, 433, 440, 441
Doyle, Robert 107
Döteryum 100, 311, 312, 313, 314, 418
Dünya 7, 8, 9, 17, 19, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 32, 35, 36, 38, 41, 42, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 108, 112, 113, 114, 115, 118, 119, 121, 125, 128, 129, 130, 131, 133, 140, 141, 142, 148, 151, 159, 166, 167, 168, 175, 181, 182, 186, 188, 191, 194, 195, 196, 199, 201, 205, 211, 212, 216, 217, 222, 223, 230, 231, 251, 254, 255, 256, 261, 266, 267, 268, 275, 277, 288, 291, 294, 298, 299, 306, 315, 332, 335, 341, 342, 343, 366, 382, 387, 403, 406, 408, 409, 411, 412, 413, 415, 416, 421, 426, 435, 437, 443, 444
Dünyadışı 95, 133, 165
Dyson, Freeman 331, 380

E

Einstein, Albert 30, 93, 126, 127, 128, 129, 133, 171, 172, 173, 193, 222, 243, 245, 275, 276, 303, 330, 356, 375, 381, 382, 383, 392, 400, 420, 421, 428, 429, 435, 436, 440, 444, 445, 448, 455
Elektromanyetik kuvvet 336, 358, 381, 453, 454
Elektromanyetik spektrum 205, 249, 286, 291
Elektromanyetizma 282, 356, 358, 460
Elektron 99, 100, 123, 198, 205, 273, 284, 285, 286, 304, 305, 328, 330, 331, 335, 337, 340, 341, 356, 360, 361, 364, 375, 383, 384, 385, 434, 445, 446, 452, 453
Eliot, T. S. 371, 457
Empedokles 221
Enerji 8, 10, 16, 19, 28, 40, 41, 85, 86, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 100, 102, 103, 104, 105, 111, 126, 128, 136, 141, 203, 205, 206, 208, 209, 215, 216, 218, 223, 242, 243, 244, 251, 257, 260, 266, 269, 295, 296, 308, 317, 318, 319, 329, 333, 335, 337, 341, 346, 351, 359, 367, 368, 374, 382, 384, 392, 395, 401, 418, 419, 423, 427, 440, 441, 446, 455, 456, 457, 458
Entropi 135, 136, 388
Epikür 64
Eratostenes 64, 406
Ergosfer 134
Eski Yunan 79, 428
Europa 37, 46, 57, 58, 59, 60, 411
Evrenin genişlemesi 170, 175, 233, 257, 259, 310, 449

F

Faraday, Michael 356
Felsefe 267, 451
Felsefe Taşı 105, 106, 107, 418
Fermi, Enrico 329, 452
Fermiyon 329, 330, 335, 336, 453, 456
Feynmann, Richard 460
Foton 16, 63, 95, 137, 188, 226, 243, 250, 258, 259, 274, 281, 285, 289, 290, 295, 298, 301, 304, 307, 314, 315, 316, 317, 328, 329, 330, 336,

340, 341, 349, 361, 374, 416, 446, 453, 458
Fraktal 183, 304, 365, 370, 456

G

Galaksi 7, 8, 9, 53, 101, 108, 117, 119, 120, 121, 122, 130, 137, 139, 140, 145, 149, 150, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 163, 164, 168, 169, 171, 178, 180, 182, 183, 185, 186, 187, 188, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 211, 214, 215, 216, 217, 219, 224-226, 233, 235, 236, 237, 238, 239, 243, 244, 249, 250, 251, 253, 256, 257, 258, 259, 260, 262, 282, 292, 293, 294, 306, 308, 315, 317, 320, 322, 323, 330, 346, 353, 382, 391, 425-427, 430, 431, 433, 435, 438, 442, 447, 450, 453
Galaksi oluşumu 235, 238, 239, 253, 292, 293, 317, 320, 346, 353, 442, 446, 450, 457
Galileo (Galilei) 30, 45, 49, 57, 60, 64, 120, 126, 212, 222, 223, 409, 436
Gama ışınları 205, 443
Gamow, George 283, 284, 288, 428, 446
Ganymede 45, 57, 411
Genel görelilik 125, 127, 128, 129, 134, 138, 171, 172, 174, 175, 177, 243, 275, 280, 295, 381, 382, 421, 444
Genom 83
Geometri 156, 346, 355, 448
Gezegen 7, 8, 9, 27, 41, 43, 45, 48, 49, 54, 55, 56, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 92, 100, 108, 166, 167, 168, 201, 216, 260, 261, 263, 264, 265, 392, 397, 409, 411, 413, 414, 418, 435, 443, 448, 461
Greene, Brian 387, 388, 460
Güçlü kuvvet 336, 347, 358
Güneş 7, 9, 21, 22, 23, 24, 27, 28, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 58, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 77, 79, 81, 82, 85, 87, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 99, 100, 101, 102, 103, 105, 108, 109, 113, 117, 119, 121, 122, 123, 124, 125, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 138, 141, 157, 158, 159, 160, 171, 191, 193, 202, 205, 215, 220, 221, 222, 223, 251, 254, 260, 261, 263, 264, 265, 266, 275, 281, 289, 309, 311, 333, 347, 403, 406, 410, 412, 413, 417, 423, 435, 443
Güneş rüzgârı 333
Güneş Sistemi 8, 9, 27, 30, 35, 39, 40, 41, 42, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 62, 63, 70, 71, 72, 75, 77, 79, 80, 85, 99, 103, 108, 109, 110, 114, 119, 137, 138, 202, 203, 217, 261, 278, 302, 340, 408, 409, 410, 411, 415
Güneş yelkenleri 423

H

Hadron 205, 336, 343, 344, 388, 462
Harici gezegen 70, 71, 72, 73, 74, 75, 78, 80, 81, 82, 83, 263, 265, 413, 414, 416, 418
Heisenberg, Werner 374, 375, 382
Helmholtz, Hermann von 91
Helyum 47, 54, 55, 75, 77, 93, 94, 100, 103, 108, 109, 111, 122, 247, 261, 262, 283, 292, 311, 312, 317, 324, 325, 349, 418
Hidrojen 47, 54, 55, 70, 71, 75, 77, 89, 93, 98, 99, 100, 102, 103, 107, 108, 111, 113, 121, 197, 247, 262, 278, 311, 312, 316, 317, 324, 325, 342, 443, 446
Higgs Bozonu 337, 344, 453
Higgs, Peter 453
Hitchens, Christopher 444
Hubble, Edwin 146, 173, 178, 179, 197
Hubble küresi 257, 258, 442
Hubble Uzay Teleskopu 100, 210, 211, 231, 232, 233, 239, 242, 248, 310, 437

I-İ

Io 46, 57, 222, 411
İbn el-Heysem 420
İnce ayar 266, 345, 347, 348, 352, 353, 368, 395, 396, 454, 462
İzotropi 177, 178, 249, 429, 445

J

Jüpiter 9, 28, 37, 39, 41, 43, 44, 45, 47, 48, 55, 56, 57, 59, 60, 68, 69, 71, 72, 73, 76, 77, 78, 80, 82, 84, 102, 159, 222, 260, 263, 409, 411, 414, 417, 418, 443

K

Kant, Immanuel 149
Kaos 30, 78, 79, 80, 101, 141, 219, 302, 327, 380
Kara delik 9, 112, 122, 125, 126, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 156, 171, 202, 203, 204, 207, 211, 214, 216, 217, 218, 219, 237, 238, 244, 265, 346, 372, 382, 388, 403, 419, 421, 422, 433, 434, 438, 439, 443, 458, 462
Kara enerji 8
Kara madde 8, 9, 447
Karbon 53, 98, 107, 108, 109, 111, 113, 248, 263, 265, 266, 268, 269, 312, 315, 316, 349, 350, 395, 418
Kepler 66, 69, 82, 83, 85, 91, 159, 204, 212, 255, 302, 303, 414, 425, 433, 448
Kırmızı dev 105, 260, 419
Kızıla kayma 170, 171, 172, 173, 174, 175, 181, 182, 183, 185, 200, 201, 226, 233, 238, 242, 243, 251, 252, 253, 254, 257, 262, 265, 278, 281, 282, 296, 306, 310, 314, 315, 316, 317, 319, 430, 432, 437, 438, 441, 442, 443, 444, 449
Kızılötesi 96, 97, 99, 137, 138, 205, 239, 249, 252, 254, 286, 298, 416, 442, 449
Kopernik 45, 67, 85, 175, 178, 212, 254, 378, 397, 412, 419
Kozmik mikrodalga arkaplan ışıması 289, 303, 311, 447, 449
Kozmos, Carl Sagan 316, 450
Kuantum kuramı 93, 136, 330, 338, 356, 364, 367, 374, 380, 381, 384, 400, 439, 456
Kuantum mekaniği 50, 330, 374, 375, 383, 388, 392, 455, 458, 461
Kuark 328, 335, 336, 340, 341, 344, 347, 358, 360, 361, 452, 453, 454, 456
Kuasar 195, 200, 201, 202, 203, 208, 209, 210, 211, 214, 215, 216, 217, 225, 237, 238, 243, 265, 296, 310, 432, 433, 434, 435, 438, 443
Kütle 28, 46, 48, 50, 69, 73, 81, 82, 93, 95, 102, 103, 107, 108, 112, 122, 126, 127, 129, 130, 132, 134, 137, 138, 139, 156, 158, 159, 163, 171, 186, 187, 202, 203, 204, 208, 216, 217, 218, 223, 237, 240, 282, 291, 295, 311, 319, 322, 327, 331, 335, 347, 356, 361, 362, 375, 383, 398, 417, 423, 453, 456, 458
Kütleçekimi 9, 30, 54, 68, 77, 78, 101, 125, 126, 129, 131, 133, 134, 139, 141, 160, 162, 163, 171, 173, 183, 184, 188, 189, 202, 234, 240, 259, 266, 275, 282, 293, 298, 316, 321, 346, 352, 359, 376, 377, 381, 385, 388, 429, 430, 442, 447, 459, 462
Kütleçekim motoru 202, 203

L

Laplace, Pierre-Simon 128, 379
Leibniz, Gottfried 321, 328
Lemaître, Georges 172, 275, 276, 279, 280, 429, 444, 445

M

Manhattan Projesi 129
Mariner (misyonları) 39
Mars 27, 28, 30, 39, 42, 43, 44, 47, 48, 56, 57, 58, 59, 66, 90, 91, 333, 398, 411
Matrix (Wachowskiler) 385, 397
Maviye kayma 173, 310

Melekler ve Şeytanlar (Dan Brown) 338, 445
Merkür 41, 43, 44, 45, 47, 48, 56
M-kuramı 385, 387, 394, 399, 461, 462
Morötesi 38, 114, 197, 201, 202, 205, 206, 208, 209, 210, 219, 247, 327, 426, 431, 432, 438, 449

N

NASA 33, 34, 35, 40, 41, 57, 58, 59, 82, 83, 164, 254, 290, 291, 292, 294, 405, 407, 408, 410, 411, 437, 440, 441, 465, 466
Neptün 39, 44, 47, 48, 49, 55, 56, 57, 67, 70, 72, 77, 80, 83, 223, 409, 411
Newton, Isaac 68, 79, 106, 127, 129, 160, 321, 356, 379, 380, 418, 421, 442
Nobel Ödülü 72, 147, 242, 288, 293, 358, 371, 388, 452, 460
Nötrino 317, 328, 335, 337, 361, 416, 419, 453
Nötron 93, 111, 112, 123, 130, 131, 185, 260, 301, 311, 312, 313, 335, 336, 420, 434, 443, 452
Nötron yıldızı 123, 130, 131, 260, 419, 420, 443

O-Ö

Oksijen 18, 28, 38, 75, 89, 91, 107, 108, 109, 111, 263, 316, 418
Olay ufku 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 177, 202, 204, 210, 217, 218, 259, 422, 433
Olbers paradoksu 255, 442
Oppenheimer, Robert 129
Ozon 61, 75
Ölüler Kitabı (Eski Mısır) 371

P

Parçacık ufku 258
Parmenides 451
Phobos 57
Pioneer (misyonları) 39
Pisagor 69, 302, 303, 411, 448
Planck, Max 319, 370, 381, 382, 383, 385, 387, 399, 401, 447, 458, 459, 462
Platon 303, 371, 394, 448, 461
Plazma 100, 131, 195, 203, 207, 213, 273, 298, 301, 306, 324, 329, 434
Plüton 41, 45, 48, 49, 57, 409, 411, 429
Poe, Edgar Allen 255, 442
Pozitron 332, 340, 341, 452
Proton 93, 111, 123, 273, 284, 285, 301, 305, 311, 312, 313, 335, 336, 347, 349, 358, 359, 360, 361, 362, 368, 381, 418, 438, 449, 454, 459
Ptolemy 64, 90, 303
Pulsar 123, 185, 260, 413, 420, 442, 443

R

Radyoastronomi 121, 122, 199
Radyoteleskop 198, 289
Russell, Bertrand 267, 444

S-Ş

Sagan, Carl 316, 408, 409, 450
Saharov, Andrey 341, 342, 343
Samanyolu 7, 9, 53, 64, 85, 97, 108, 119, 120, 121, 122, 123, 130, 137, 140, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 155, 156, 158, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 168, 170, 173, 175, 176, 178, 181, 190, 191, 192, 193, 195, 197, 198, 199, 200, 204, 208, 215, 217, 219, 225, 226, 230, 237, 238, 239, 252, 253, 256, 258, 259, 264, 287, 291, 292, 304, 314, 322, 333, 397, 403, 420, 424, 425, 426, 430, 433, 434, 445
Satürn 18, 19, 28, 39, 40, 41, 43, 44, 47, 48, 55, 56, 80, 405, 409, 411
Sefe değişkeni 171, 240, 424, 445
SETI 165, 166
Sicim kuramı 136, 384, 385, 387, 388, 389, 391, 400, 401, 460, 461, 462
Sidereus Nuncius (Galileo) 64
Simya 105, 106, 107, 111, 412, 418

Sovyetler Birliği 33, 38, 212, 283, 342, 457
Soyuz (misyonları) 34
Spektroskopi 71, 149, 158, 164, 201, 226, 293, 441
Sputnik 38, 40
Standart Model 242, 334, 336, 337, 338, 340, 342, 357, 362, 383, 395, 416, 429, 453, 455, 456, 459
Stenger, V. 454
Strindberg, August 379
Süperküme 438
Süpernova 53, 105, 112, 122, 123, 124, 130, 185, 240, 241, 242, 247, 251, 264, 315, 411, 419
Süpersicim 383

T

Tevatron 336
Transhümanizm 396
Truman Şov (film) 397
Türlerin Kökeni (C. Darwin) 92
Twain, Mark 95, 96

U-Ü

Uluslararası Uzay İstasyonu 34
Uranüs 39, 44, 47, 54, 55, 56, 72, 77, 80
Uranyum 52, 112
Uzay-zaman 8, 10, 125, 126, 128, 132, 133, 139, 141, 171, 178, 183, 188, 224, 226, 242, 295, 301, 315, 348, 372, 373, 377, 383, 385, 387, 389, 394, 397, 399, 421, 455, 458, 460, 462
Uzay-zamanın eğriliği 127

V

Venera (misyonları) 39
Venüs 39, 43, 44, 47, 48, 54, 66, 177, 274, 333, 413
Voyager 1 ve 2 39, 41, 86, 408, 409

W

Wallace, Alfred Russel 415, 427
Weinberg, Steven 352, 455
Weyl, Hermann 454

X

X-ışını astronomisi 131, 205
X-ışınları 102, 130, 131, 193, 202, 356

Y

Yarılanma ömrü 50, 52, 53, 449
Yıldız 7, 8, 9, 28, 38, 53, 54, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 72, 75, 78, 85, 86, 87, 96, 100, 101, 102, 103, 108, 109, 110, 111, 112, 114, 117, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 131, 132, 137, 138, 139, 141, 145, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 164, 165, 168, 169, 170, 176, 177, 178, 185, 186, 189, 190, 192, 193, 196, 197, 202, 208, 209, 211, 216, 217, 219, 232, 233, 235, 237, 238, 239, 240, 251, 252, 253, 255, 256, 260, 261, 262, 264, 265, 268, 269, 299, 311, 312, 313, 314, 316, 317, 318, 330, 333, 346, 353, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 417, 420, 424, 425, 426, 427, 433, 435, 438, 439, 442, 443, 446, 447, 449, 450, 454
Yıldız oluşumu 78, 100, 153, 155, 156, 158, 192, 239

Z

Zayıf kuvvet 347, 358
Zhuangzi Guo Xiang 22

"Bir ışık yılı küpe kaç küp şeker sığar?", "Yeterince uzağa bakarsak büyük patlamayı görebilir miyiz?", "Evrende ışıktan daha hızlı hareket eden nedir?" gibi ilginç sorular soran ve bunları yanıtlayan Chris Impey bizi evrenin geçmişine doğru ufuk açıcı bir yolculuğa çıkarıyor. Güneş sistemimizin tanıdık yörelerinden başlayıp en yakın yıldızlara, en yakın komşu galaksiye uzanan ve büyük patlamaya varan bir yolculuk bu. Olabildiğince uzağa, dolayısıyla geçmişe gidiyoruz. Bu yolculuk sırasında kara madde, kara enerji, paralel evrenler, görünmez boyutlar, dünyadışı yaşam gibi modern kozmolojinin kolektif aklını meşgul eden konular hakkında bilgi ediniyoruz.

"Bu kitap sadece evrenin tarihini anlatmıyor, aynı zamanda varoluşun temel sorularıyla boğuşan bir astronom olmanın ne anlama geldiği konusunda tatmin edici bir fikir sunuyor."

— Michael Brooks, *New Scientist*

"*Evrenin Doğuşu*, uzun yıllar başvuru kaynağı olmayı hak eden bir evren rehberi niteliğinde."

— Manjit Kumar, *Wall Street Journal*

internet satış:
www.saykitap.com 27,50 TL
ISBN 978-605-02-0389-9
9 786050 203899
SAY YAYINLARI