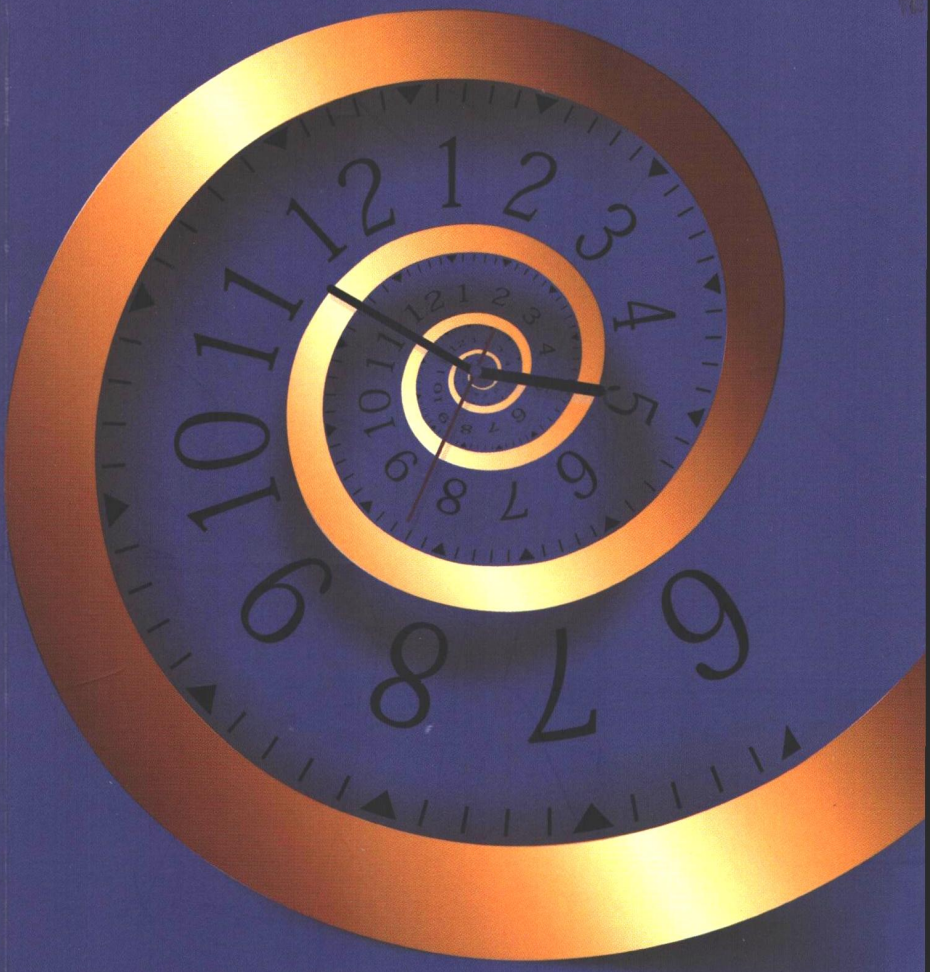
John Gribbin

Çoklu Evrenler

KUANTUM FİZİĞİNİN EVRENLERİ



3. BASKI

ALFA

DR. JOHN GRIBBIN

Tam zamanlı bir bilim yazarı olmadan önce Cambridge Üniversitesinde astrofizik bölümünde eğitim görmüştür. *Nature* ve *New Scientist* için çalışmalar yapan Gribbin ayrıca *The Times, The Guardian* ve *The Independent*'a bilim dalında yazdığı makalelerle katkıda bulunmuştur. Ayrıca BBC Radyo 4 için de pek çok bilim dizisi hazırlamıştır. John Gribbin yazıları nedeniyle İngiltere ve Amerika'da pek çok ödül almıştır. Şu anda Sussex Üniversitesinde Astronomi Bölümünde misafir araştırmacı olarak görev yapmaktadır. Yayımlanan pek çok kitabı arasından şunlar sıralanabilir: *In Search of Schrödinger's Cat* [Schrödinger'in Kedisinin Peşinde, çev. Nedim Çatlı, Metis Yayınları, 2010], *Stephen Hawking: A Life in Science* (Michael White'la birlikte) [Stephen Hawking: Bilim Dünyasında Bir Hayat, çev. Yelda Türedi, İnkılâp Kitapevi, 2005] ve *In Search of SUSY* (Susy'nin Peşinde: Süpersimetri ve Her Şeyin Kuramı). John Gribbin ayrıca *Innervisions* da (İçgörü) dahil olmak üzere pek çok bilimkurgu eserinin de yazarıdır. Doğu Sussex'te yaşayan Gribbin evli ve iki çocuk babasıdır.

EMİN KARABAL

1986 yılında İstanbul'da doğan Emin Karabal, Yıldız Teknik Üniversitesi Fizik Bölümü mezunudur. Barcelona Üniversitesinde Astrofizik Yüksek Lisans eğitimini sürdüren Emin Karabal, daha önce çeşitli kurumlarda altyazı ve dublaj çevirmenliği yapmıştır.

Çoklu Evrenler, Kuantum Fiziğinin Evrenleri
© 2012, ALFA Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.

In Search of The Multiverse
Çeviriye temel alınan metin: *In Search of the Multiverse*
© John and Mary Gribbin, 2009

Kitabın Türkçe yayın hakları Akcalı Ajans aracılığıyla Alfa Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti.'ne aittir. Tanıtım amacıyla, kaynak göstermek şartıyla yapılacak kısa alıntılar dışında, yayıncının yazılı izni olmaksızın hiçbir elektronik veya mekanik araçla çoğaltılamaz. Eser sahiplerinin manevi ve mali hakları saklıdır.

Yayıncı ve Genel Yayın Yönetmeni M. Faruk Bayrak
Genel Müdür Vedat Bayrak
Yayın Yönetmeni Mustafa Küpüşoğlu
Dizi Editörü Kerem Cankoçak
Kapak Tasarımı Ferah Perker
Grafik Uygulama Kâmuran Ok

İSBN 978-605-106-475-8
1. Basım: Eylül 2012
3. Basım: Ağustos 2018

Baskı ve Cilt
Melisa Matbaacılık
Çiftehavuzlar Yolu Acar Sanayi Sitesi No: 8 Bayrampaşa-İstanbul
Tel: 0(212) 674 97 23 Faks: 0(212) 674 97 29
Sertifika no: 12088

Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.
Alemdar Mahallesi Ticarethane Sokak No: 15 34410 Cağaloğlu-İstanbul
Tel: 0(212) 511 53 03 (pbx) Faks: 0(212) 519 33 00
www.alfakitap.com-info@alfakitap.com
Sertifika no: 10905

John Gribbin

Çoklu Evrenler

KUANTUM FİZİĞİNİN EVRENLERİ



Çeviren
Emin Karabal

ALFA | BİLİM

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ 11
ÖNSÖZ: ARAYIŞ 13
GİRİŞ: SONSUZ BİR EVRENDE HER ŞEY MÜMKÜNDÜR 17

1 KUANTUM KEDİLERİNİN ORTAYA ÇIKIŞI 29
Ne Dalga Ne Parçacık 30
Belirsiz Bir Kuantum 31
Tek Gizem 33
Hayal Edilemeyeni Yorumlama 36
Tüm Kuantum Kedilerinin Annesi 38
Hugh Everett'in Birçok Dünyası 40
Tarihin Dallanan Ağacı 45
Everett Kabul Görüyor 49

2 KOZMİK RASTLANTILARA TEKRAR ZİYARET 53
Karbon Rastlantısı 54
Evren Neden Bu Kadar Büyük? 59
Nükleer Verimlilik 60
Kütleçekimin İnanılmaz Hafifliği 62

	Kozmolojinin Rastlantı Sabiti	66
	Düz Bir Kozmik Denizdeki Dalgacıklar	69
	Üç Boyut İyi, Daha Fazla Boyut Kötü	75
	Yaşam Piyangosu	78
3	KUANTUM BİTLERİ VE ZAMAN KAYMALARI	81
	İki Akılda Olmak	83
	Kuantum Bilgisayarı Arayışında	86
	Katil Uygulama	88
	Kullanışlılık	91
	Her Şey Nerede Oluyor?	93
	Çoklu Evren İçin Bir Benzetme	96
	Hepsi Ne Zaman Olur?	99
	Zaman Kaymaları	103
	Daha Geniş Ufuklar	107
4	TÜM DOĞRULTULARDA SONSUZ	109
	Zamanın Okları	111
	Evrenin Isı Ölümü	115
	Tüm Düşünülebilir Rastlantılar	117
	Zaman ve Mesafe	120
	Zaman ve Termodinamik	124
	Kozmik Ok ve Kütleçekimsel Çöküş	128
	Geriye Sekme?	131
	Geleceğe Dönüş	133
5	YENİDEN BAŞLAR (GİBİ)	137
	Parçacık Bağlantısı	139
	Hiçbir Şey Yoktan Var Olmaz	140
	Evreni Şişirmek	144
	Kararlı Halin Geri Dönüşü mü?	148
	Zaman Nehrindeki Baloncuklar	153
	Ebedi Şişme ve Basit Başlangıçlar	157
	Boltzmann'ın Beyni, Zaman Oku ve Nedensel Parça Fiziği	159
	Sonsuzluk ve Ötesine!	162

6 ARANAN ŞEY SİCİM 167
Kütleçekim İlgi Çeker 171
İki Yaklaşım Artı Bir Üçüncü Yol 172
Kompakt, Ama Mükemmel Biçimlenmiş 174
M'nin Büyüsü 176
Kütleçekimin İnanılmaz
Zayıflığına Tekrar Ziyaret 178
Dünyalar Çarpıştığında 181
Kendi Önyüklemeleri Sayesinde 183
Dipsiz Kuyu 186
Ev Gibi Birçok Yer Vardır 188
Kozmik Manzarayı Keşfetmek 190
Schrödinger'in Kedisinin Geri Dönüşü 194

7 TAKLİT Mİ? YOKSA GERÇEK Mİ? 199
Bu Bilim midir? 200
İçeriden Bilgi 201
Taklitçiler 206
Karadelikler ve Bebek Evrenler 209
Evrenlerin Doğal Seçilimi 211
Yeni Bir Perspektif 215
Evrenleri Yapanlar 220
Tasarımcı Evrenlerindeki Evrim 222
Tasarım Ürünü Evrenler 224

EK OKUMA
BİRAZ DAHA KENDİ DÜŞÜNCELERİMDEN 229
DİĞER KAYNAKÇA 231
SÖZLÜK 235
DİZİN 249

Zaman nehrinin köpüğündeki kabarcıklar gibi sürüklenen çok sayıda garip evrenler...

Arthur C. Clarke,'The Wall of Darkness',
The Other Side of the Sky

Eğer teorileri garip göründükleri için göz ardı edersek, gerçek keşifleri kaçırabiliriz.

Max Tegmark, MIT'de fizik profesörü

TEŞEKKÜR

Çoklu Evren çocukluğumdan beri ilgimi çeken ve bilimsel bir ilgi olarak 1960'ların ortasında ele almaya başladığım bir fikirdir; bu kitapta kırk yılı aşkın bir süredir iletişim kurduğum çeşitli insanlarla ve özellikle bu proje için temasa geçtiğim insanlarla yaptığım görüşmeler ve yazışmalardan yararlanılmıştır. Hepsini hatırlayamam, ama bunların içinde unutamayacaklarım Jim Baggott, Julian Barbour, Warwick Bilton, Raphael Bousso, John W. Campbell, Bernard Carr, Louise Dalziel, Paul Davies, Richard Dawkins, David Deutsch, George Ellis, John Faulkner, William Fowler, Neil Gershenfeld, Nicolas Gisin, Simon Goodwin, Philippe Grangier, Ted Harrison, Mark Hindmarsh, Fred Hoyle, Lawrence Krauss, Louise Lockwood, Jim Lovelock, William McCrea, Paul Parsons, Joe Polchinski, Martin Rees, Lee Smolin, Leonard Susskind, Max Tegmark, Edward Tryon, Alex Vilenkin ve Ronald Wiltshire'dır. Kenneth Ford ve Eugene Shikhovtsev, Shikhovtsev'in Hugh Everett biyografisi taslağından bazı alıntılar yapmama izin verdiler.

Bilimsel uzmanlığın yanı sıra yazımda, neredeyse bilim tarafından dokunulmamış İngiliz eğitim sisteminden geçmiş ve bana hafiften herkesin bilmesi gerektiğini düşündüğüm şeylerin 'herkes tarafından bilindiği' fikrinin her zaman doğru olma-

dığını hatırlatan gelinim Eleanor Gribbin'in önemli yorumlarından yararlandım. Ayrıca diğer tüm kitaplarımda olduğu gibi, Mary Gribbin tarafından verilen düşünceler son ürünün favori düşlerimin birbirinden kopuk koleksiyonunu sunmak yerine, tutarlı bir hikâye anlatmasını sağlamıştır.

Çoklu Evren kütüphanesi metaforu Clays basımevine yaptığım bir ziyaret sırasında aklıma geldi; hem harika bir gün geçirdiğim için, hem de bu fikrin tohumlarını attığım için onlara çok teşekkür ederim.

ÖNSÖZ: ARAYIŞ

Evren ve yaşam arasındaki ilişkiden her zaman büyülenmişimdir. Buraya nasıl geldik? Evren neden bu kadar büyük? Her şey nasıl başladı – ve her şey nasıl bitecek? Bu soruların cevaplarına olan arayışım beni astronomi, kozmoloji, kuantum fiziği, evrim, Dünya'nın tarihi ve Evrenin başka yerlerindeki 'diğer dünyalarda' olan yaşam olasılığı hakkında olabildiğince öğrenmeye yönlendirdi. Bu yol boyunca öğrendiğim en önemli şeylerden biri Evrenin bizim gibi karmaşık yapıdaki varlıkların ortaya çıkışına yol açan karmaşıklıkta bir büyümeye olanak veren değil, daha çok bunu gerektiren oldukça basit bir yasalar dizisiyle yönetildiğidir. Aynı zamanda 'Evren yerine 'Evrenimiz' şeklinde düşünmeyi de öğrendim; uzayzamanın diğer bölgelerinde, bizim görebileceğimiz her şeyin ötesinde, belki de insanlar gibi karmaşık şeylerin ortaya çıkamadığı, bizimkilerden farklı evrenler üreten farklı kurallar dizisinin işleyemeyeceğini düşünmek için herhangi bir neden gözükmüyor.

Bu 'Çoklu Evren fikridir. Bu her zaman olmasa da, sıklıkla etrafımızda gördüğümüz Evrenin yaşam için tam olarak uygun olduğunu, çünkü farklı fiziksel yasaların olduğu birçok evrenin olduğu ve bizim gibi yaşam formlarının sadece bizimkisi gibi

evrenlerde var olduğunu öne süren 'antropik kozmoloji' ile ilişkilendirilir. Diğer evrenler kısırdır, dolayısıyla fizik kurallarının ne kadar garip olduğunu fark edecek kimse yoktur.

Peki diğer evrenler nerededir? Onları James Cook'un 18. yüzyılda, dünyanın etrafına yelken açarak güney kıtasını aradığı gibi fiziksel olarak arayamayız, ama matematikçiler ve fizikçiler Çoklu Evreni tanımlamaya çalışmak için denklemler ve bilgisayar modelleri geliştirerek onları mecazen arıyorlar. Aslında, birçok farklı Çoklu Evren keşfetmişlerdir. Çoklu Evren uzayda sonsuz olabilir, o kadar ki farklı fiziksel yasaların olduğu uzay bölgeleri birbirinden sonsuz uzaklıklarla ayrılmış olabilir ve birbiriyle asla iletişime geçemeyebilir. Çoklu Evren zamanda sonsuz olabilir, o kadar ki farklı fiziksel yasaların olduğu farklı evrenler iplikteki boncuklar gibi birbiri ardına dizilmiş olabilir ve birbirleriyle asla iletişime geçemezler. Çoklu Evren farklı boyutlarla ayrılmış sonsuz sayıda evren içerebilir, tıpkı her sayfanın bir evreni temsil ettiği ve diğer sayfalarla iletişime geçemediği sonsuz kalınlıkta bir kitap gibi. Bunlar dışında başka olasılıklar da vardır.

Bu kitap Çoklu Evrenin mecazi arayışı ve bugün ele alınan olasılık çeşitleriyle ilgilidir. Gerçek dünyanın doğru bir açıklamasını sağlamak açısından bu fikirlerin hangisinin 'doğru' olduğunu söylemek imkânsızdır, ama kitabın ilerideki bölümlerinde anlaşılacağı gibi, içlerinde kendi favorim vardır. Aynı zamanda yine kitabın ilerideki bölümlerinde anlaşılacağını umduğum üzere, Çoklu Evrenler hakkındaki bu görüşler arasında görünürden daha az fark olabilir; her biri Çoklu Evreni anlamak için önemli olabilir. En önemlisi, yaklaşık 20 yılda oluşan büyük bir değişiklikle, bu fikirler artık bilimsel çevreler tarafından ciddi bir şekilde ele alınmakta ve çok fazla bilim-kurgu okuyan kuramcıların uçuk kaçık hayalleri olarak görülmemektedir. Doğrudan gördüğümüz Evrende gerçekten daha fazla dünya olduğunu söyleyen ve göz ardı edilmesi oldukça zorlaşan gittikçe büyüyen deliller topluluğu vardır.

Kuramcılar tarafından şu anda araştırılan Çoklu Evren fikirlerinin hiçbirinin doğru olduğu kanıtlanmasa da (bunları doğru veya yanlış şeklinde kanıtlamak imkânsız olsa da) bu, Dünya'yı

ÇOKLU EVRENLER

Evrenin merkezinden çıkaran fikir kadar derin bir perspektif kaymasıdır. Bu ortaya çok atılmış ve klişe haline dönüşmüş bir iddiadır; bu sefer ise, gerçektir. Bu iddianın Evrenin rastgele mi yoksa bir tasarım olarak mı ortaya çıktığı sorusuyla bile delillere bakmaya başladığım zaman beklemediğim bir cevap sunarak ilişkili olduğu ortaya çıkmaktadır. Çoklu Evren kavramıyla ilişkili hâlâ cevaptan fazla soru vardır, ama artık bu soruların neler olduğunu ve cevaplara olan arayışın nasıl ilerlediğini görmenin tam zamanıdır.

Giriş

SONSUZ BİR EVRENDE HER ŞEY MÜMKÜNDÜR

Beş yüzyıl önce Evren küçük bir yermiş gibi gözüküyordu. Dünya'nın, yani evimizin, Evrenin en önemli şeyi olduğuna ve merkezinde bulunduğuna yaygın olarak inanılmaktaydı. Güneş ve bilinen beş gezegenin (Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ve Satürn) Dünya etrafındaki yörüngelerde dolaştıkları düşünülüyordu ve yıldızlar Dünya etrafında, gezegen yörüngelerinin ötesinde, günde bir kez dönen küresel bir kabuğa tutunmuş ışık noktaları olarak kabul ediliyordu. Gün, gece ve mevsimlerin ritmi dışında bu düzen değişmez ve sonsuz gözüküyordu. 16. yüzyılın sonunda Giordano Bruno, Katolik öğretinin ana görüşüne karşı gelen fikirleri benimsediği için yakılarak idam edildi. Bu fikirlerin içinde yıldızların başka güneşler olduğu ve Evrenin başka bir yerinde başka gezegenler ve yaşamın olduğu gibi fikirler vardı. Gerçi bu inancı mahkûmiyeti için temel sebep değildi.

Nicolaus Copernicus'un 1543'te yayımlanan ünlü kitabı *Die Revolutionibus Orbium Coelestium*'la [*Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*] beraber işler değişmeye başladı. Antikçağlarda

bile Dünya'nın Güneş'in etrafında döndüğünü düşünen filozoflar olmuştu, ama bu fikirler 16. yüzyıldan önce geniş bir kabul kazanmamıştı. Bugünkü Evren anlayışımıza yol gösteren kesintisiz araştırmayı başlatan Copernicus'tu. Fikirlerinin sarsıcı olması sadece, Dünya'nın Güneş yörüngesinde hareket ediyor olması gerektiği önermesinden değil, aynı zamanda Dünya'nın Güneş'e eşlik eden gezegenlerden sadece biri olduğu çıkarımını yapmasındandı. Diğer gezegenler kozmik tasarıda uzaydaki evimiz kadar önemli olabilirlerdi.

Diğer sarsıntı yaratan şey, Güneş'in gökyüzündeki en önemli nesne değil, sadece sıradan bir yıldız olabileceği önerisiydi. 1576'da İngiltere'de Thomas Digges, bir teleskoptan Samanyolu'na bakıp bir sürü yıldız gördükten sonra, *Prognostication Everlasting* isimli kitabında tüm yönlere yayılmış yıldızlarla kaplı Evrenin sonsuz olduğunu belirtti. Bruno 1580'lerde İngiltere'deyken bu fikirlerle tanışmıştı. Galileo Galilei ve Johannes Kepler, Copernicus'un çalışmasını sağlam temellere oturttular ve 17. yüzyıl astronomları her yıldızın Güneş'imiz kadar parlak, ama uzak olduklarından ötürü sönük olduklarını varsayarak yıldızların mesafelerini hesaplamaya başladılar. 1728'de Isaac Newton, Sirius'un bize Güneş'ten yaklaşık bir milyon kat daha uzak olduğu hesabıyla ortaya çıktı ki, bu hesap modern tekniklerle yapılan mesafe ölçümünden çok da uzak değildir. Bu noktadan itibaren, gezegen yörüngelerinin gerçek nitelikleri anlaşıldı, Güneş ve gezegenlere olan uzaklıklar geometrik teknikler kullanılarak saptandı ve astronomlar Güneş'in Dünya'dan 150 milyon km uzakta olduğunu öğrendiler (modern hesaplamalara göre 149.597.870 km). Antik uygarlıklara göre Güneş'e en uzak gezegen olan Satürn'dür – Güneş'e bizim olduğumuzdan on kat daha uzaktır. Sadece iki yüzyıllık sürede, Dünya-merkezli Evren şeklinde görülen tüm her şey, astronomların düşünceleriyle geniş, muhtemelen sonsuz olan Evrenin küçük bir köşesine sıkıştırılmıştır.

Bu fikirlerin özümsenmesi, teleskoplar, astronomik fotoğrafçılık ve spektrum ölçümünün büyük sıçramayı yapacak seviyeye gelmesi iki yüzyıl daha aldı. Bu yolda büyük resim için, güneş sisteminde Satürn yörüngesinin ötesinde daha fazla gezegenin

keşfi (Uranüs ve Neptün), yıldızlara olan uzaklığı hesap etmek için doğru tekniklerin gelişmesinden ve spektrum ölçümü sayesinde yıldızların neden yapıldığının açığa çıkmasından daha önemsizdi. 1920'lerin sonrasında, bu teknikler önce Evren coğrafyasındaki ve daha sonra Evrenin tarihindeki yerimizi daha iyi anlamamıza yol açtı.

Thomas Digges küçük teleskobuyla bizim Samanyolu dediğimiz ışık grubunun sayısız yıldızdan oluşmuş olduğunu gördü. Digges'in çalışmasından habersiz olan Galileo, birkaç on yıl sonra bağımsız olarak aynı buluşu gerçekleştirdi. Digges, teleskop sayesinde ortaya çıkarılan yıldız dizisinin her yönde sonsuza kadar yayıldığını düşünmüştü, ama 1750 gibi erken bir tarihte Durhamlı astronom Thomas Wright, *An Original Theory or New Hypotesis of the Universe* adlı kitabında Samanyolu'nun gökyüzünde bir ışık kümesi oluşturma biçiminin, değirmen çarkına benzettiği sonlu büyüklükte disk şeklinde bir sistemi gerektirdiğini tartıştı. Önemli olarak, Güneş'in bu yıldız tablosunun ortasında olmadığını fark etti. Aynı zamanda teleskoplar tarafından açığa çıkarılan ve nebula diye bilinen bulanık ışık lekelerinin Samanyolu'nun dışında olduğunu ileri sürdü.

Wright'ın kuramsal muhakemesi zamanının çok ötesindeydi; 18. ve 19. yüzyılın teknolojisi ile yapılan gözlemlerle test edilemezdi. Samanyolu'nun Wright'ın iddialarının ana hatları ile genel anlamda uyuşan, ama yaşadığımız Evrenin doğası hakkında daha kesin detayları da gösteren 20. yüzyıl gözlemlerine kadar, çalışması büyük ölçüde unutulmuştu.

1920'lerde yapılmış gözlemlerden başlayarak, Samanyolu'nun kabaca disk şeklinde bir sistem olduğunu ve kütleçekim tarafından bir arada tutulan, kendi ortak merkezleri etrafında yörüngeler çizen ve her biri genel olarak Güneş'imize benzer yüz milyarlarca yıldızdan oluştuğunu biliyoruz. Bu disk yaklaşık 100.000 ışık yılı (ya da astronomlar tarafından tercih edilen birimde, kabaca 30 kiloparsek) genişliğindedir; saniyede 300.000 km'nin biraz altında ilerleyen ışığın, diskin genişliğini katetmesi için 100.000 yıl gereklidir. Bir ışık yılı yaklaşık 9500 milyar km'dir. Güneş, Samanyolu'nun merkezinden bu yolun üçte ikisi uzaklığında, yaklaşık bin ışık yılı (yaklaşık 300 parsek)

kalınlığındaki disk düzleminde bulunmaktadır. Ancak Copernicus öncesi Evren anlayışının son derece ötesinde olan bu etkileyici istatistikler, Güneş'in yıldız sınıfının sıradan, şaşırtıcı olmayan bir üyesi olması gibi, galaksi sınıfının sıradan bir üyesi olan Samanyolu galaksisinin de uzaydaki sadece bir ada olduğu keşfiyle karşılaştırıldığında neredeyse önemsiz kalır.

Wright'ın Samanyolu'nun doğası hakkındaki görüşleri gibi, nebulaların veya en azından bazılarının Samanyolu'nun ötesinde bulunduğuna ilişkin tahmininin doğru olduğu neredeyse kanıtlandı. Bazı nebulaların basitçe Samanyolu içerisindeki parlayan gaz ve toz bulutları olmasına ve hâlâ aynı terimle ifade edilmesine rağmen, harici nebulalar şimdi galaksi diye adlandırdığımız şeylerdir. Galaksiler farklı şekil ve büyüklüktedirler, ama Samanyolu disk galaksiler sınıfının neredeyse tamamen ortalama büyüklükteki bir üyesidir. Bu Evren coğrafyasındaki yerimizin en uç tanımlamasıdır. Biz, yüz milyarlarca galaksinin içindeki sıradan bir galakside yüz milyarlarca yıldızdan biri olan, sıradan bir yıldızın etrafında yörünge çizeriz. Evrendeki yerimiz hakkında özel olan hiçbir şey yoktur.

Günümüz teleskoplarıyla görünebilecek yüz milyarlarca galaksi olduğu tahmin edilmesine rağmen sadece birkaç bini üzerinde sistematik olarak çalışılmıştır. Bunlar Görünür Evren boyunca kümeler olarak bilinen gruplar halinde dağılmışlardır. Şimdiye kadar fotoğraflanmış en uzaktaki küme, teleskoplarımıza on milyar yıl seyahat edip gelen ışık sayesinde görünmektedir. Bu, galaksilerin tam olarak on milyar yıl uzakta olduğu anlamına gelmiyor. Bunun nedeni 1920'lerde yapılan gözlemlere bağlı olarak galaksi kümelerinin birbirlerinden ayrılarak hareket ettiğinin büyük keşfidir. Evren genişliyor, dolayısıyla on milyar yıl sonra o ışığı üreten galaksiler bize ışığı gönderdikleri yerle aynı uzaklıkta değiller.

Evrenin genişlemesi, kozmik tarihte yerimizi anlamak için çok önemlidir. Şans eseri keşfedilmiştir. Aslında bu, kendisi tarafından önemsenmese de Albert Einstein'ın genel görelilik kuramının öngörüsüdür. 1920'lerin sonunda ve 1930'ların başında, Amerikan astronom Edwin Hubble galaksilere olan uzaklığın ölçümüyle ilgileniyordu ve meslektaşı Milton Humason'la çalışarak bir galak-

siye olan uzaklığın, onun spektrumundaki özelliklerin kırmızıya kaymasıyla orantılı olduğunu keşfetti. Kırmızıya kayma (redshift) tam olarak isminin söylediği şeydir; laboratuarda ölçülen spektrum özelliklerinin pozisyonuyla karşılaştırıldığında, bu özelliklerde spektrumun sonundaki kırmızıya doğru kaymaya denir. Hubble kırmızıya kaymanın neden meydana geldiğiyle ilgilenmedi ve dolayısıyla açıklamaya çalışmadı. Onunla sadece uzaklıkları hesaplamak için ilgilendi. Ancak kısa zaman sonra diğer astronomlar sayesinde anlaşıldı ki, bu etki zaman ilerledikçe galaksiler arası mesafenin (doğrusunu söylemek gerekirse galaksi kümeleri arasındaki mesafe) artmasından kaynaklanıyordu.

Kozmolojik kırmızıya kaymanın hızlıca bu şekilde yorumlanmasının sebebi, tam da bu tipte bir uzay genleşmesi etkisinin Einstein tarafından 20. yüzyılın ikinci on yılında geliştirilen genel görelilik kuramının doğal bir sonucu olmasıydı. O zamanlar bazı insanlar hâlâ Samanyolu'nun bütün Evren olduğunu ve kesinlikle genişlemediğini düşünüyorlardı. Bu yüzden Einstein denklemlerine Yunanca bir harf olan lambda (Λ) ile gösterilen ve genellikle "kozmolojik sabit" olarak bahsedilen fazladan bir terim ekledi. Sabit çıkarıldığında genel kuramdaki denklemler doğal olarak tam da galaksi gözlemlerinin ortaya çıkardığı şekilde genişleyen bir evren[1] öngörüyordu. Bu genişlemenin gerçekten uzayın kendi kendine büyümesinden ortaya çıktığını anlamak önemlidir. Her ne kadar Doppler etkisiyle bu yoldan kırmızıya kaymalar oluşturmak mümkün olsa da, kozmolojik kırmızıya kayma uzay boyunca hareket eden galaksiler tarafından oluşturulmaz. Kırmızı ışık mavi ışıktan daha uzun bir dalga boyuna sahiptir ve kozmolojik kırmızıya kayma, bizim ile uzak galaksiler arasındaki uzay genişledikçe, seyahatleri boyunca genişleyen ışık dalgaları yüzünden oluşmaktadır.

Bir bombanın patladığı yerden dışarı doğru hareket eden şarapnel parçacıkları örneğininin aksine, bu genişlemenin kilit

1 Büyük harfle 'Evren terimini ilke olarak görebileceğimiz her şeyin toplamını ifade etmek için kullanıyorum. Küçük harfle 'Evren terimini ise uzayzaman bölgelerinin muhtemel davranışının matematiksel açıklamalarını (modellerini) ve bizim uzay ve zamanımız ötesinde var olabilecek diğer dünyaları ifade etmek için kullanıyorum. Genel kuramın genişleyen evreni bir modeldir, ama gerçek Evrenin davranışıyla uyuşmaktadır.

özelliği bir merkezinin olmamasıdır. Doppler etkisi benzetmesiyle, astronomlar kozmolojik kırmızıya kaymanın galaksinin uzaydaki hareketi sebebiyle olmadığını bilmelerine rağmen, bunu genellikle bir galaksinin "geri çekilme hızı"* olarak ifade ederler. Aslında demek istedikleri Doppler etkisiyle aynı etkide kırmızıya kaymayı oluşturmak için gerekli *eşdeğer* hızdır. Bu durumda hız, bize olan uzaklıkla doğru orantılıdır. Ama herhangi bir galaksiden aynı şeyi, yani hızın uzaklıkla orantılı olduğunu görürsünüz. Bizler Evrenin merkezinde değiliz ve merkez diye bir şey yoktur.

Basit bir benzetme her şeyi anlaşılır kılar. Farklı boya lekeleriyle rastgele noktalandırılmış, basketbol topu gibi bir küre düşünün. Kürenin büyüklüğü iki katına çıkarsa, her boya lekesi kendi komşularından uzaklaşıyor gibi görünür. Diğer lekeler, ölçmek için seçtiğiniz herhangi bir lekeden, uzaklaşıyor görünür. Bu, Evrende özel bir yer kaplamadığımız gerçeğine başka bir örnektir. Dünya ayrıcalıklı bir konumda olmaktan uzaktır. Rus kozmolog Alex Vilenkin'in durumumuzu açıklamak için koyduğu "dünyasal sıradanlık"† terimiyle belirttiği gibi sadece ortalama bir yerde konumlandığı gözükmektedir.

Ama kozmolojik kırmızıya kaymanın, büyük bir patlamanın merkezinden dağılıyormuş gibi, uzay boyunca galaksilerin birbirlerinden uzaklaşması sebebiyle oluşmamasına rağmen, kozmik genişlemeyi tersine çevirmeyi hayal edersek, uzun zaman önce etrafımızda gördüğümüz her şeyin uzayın çok daha küçük bir hacmine sıkıştırıldığı sonucunun çıktığını görürüz. Bu, Evrenin şu anki genişlemesini çok iyi açıklayan denklemlerle doğrulanmıştır. Evrenin genişlemesinin modern ölçümleri matematiksel modellerle birleştirildiğinde, tüm görünen Evrenin 13,7 milyar yıl önce bir atomdan daha küçük bir hacim kaplayan sıcak bir ateş topu şeklindeki bir enerjiden ortaya çıktığıdır.

Bu rakamın hassasiyeti kayda değerdir. Yirmi yıl kadar önce, kozmologlar "Evrenin yaşının" 10 milyar yıla mı yoksa 20 milyar yıla mı yakın olduğu konusunda tartışıyorlardı ve Evrenin kaç yaşında olduğunu bu aralıkta saptamak, hararetli tartışmalara

---

* Recession velocity –çn.

† Terrestrial mediocrity –çn.

katılmamış herkes için çarpıcı görünüyordu. Şu an manevra için çok küçük bir alan var ve Evrenin yaşı kesinlikle 13,6 ile 13,8 milyar yıl arasındadır. Evrenin bu küçücük merkezden patlak vermesi Büyük Patlama [Big Bang] olarak biliniyor. Bu isim patlama olmamasına ve hiçbir şeyin gümlememesine rağmen, İngiliz kozmolog Fred Hoyle'un gülünç bulduğu halde çürütemediği fikirle alay etmek için koyduğu bir terimdir.

Evrenin sonlu yaşının keşfi, onun zaman geçtikçe değişmesi ("evrilmesi") gerçeğiyle birleştiğinde, kozmik tarihteki yerimizi belirler. Her ne kadar bu dünyasal sıradanlık fikriyle (bazen bundan bir "ilke" olarak bahsedilir) çatışmasa da, bir anlamda tarihin özel bir zamanında yaşadığımız ortaya çıkmaktadır. Daha sonra açıklayacağım gibi, yıldızlar ve galaksilerin oluşması ve bizi oluşturan kimyasal elementlerin yıldızların içinde üretilmesi zaman almıştır. Güneş ve Dünya yaklaşık 4,5 milyar yaşındadır, dolayısıyla kabaca Büyük Patlamadan dokuz milyar yıl sonra doğmuşlardır. Bu hemen hemen Dünya gibi, hayatın kimyasal bileşenlerince zengin gezegenlerin oluşması için gereken en kısa zamandır. Bu anlamda Dünya özel bir zamanda oluşmuştur, ama böyle oluşmuş olan tek gezegen olmasını düşünmek için bir neden yoktur.

Bu nokta bizi Giordano Bruno'ya geri götürür. Bruno'nun görüşü her biri Güneş gibi olan, birçoğu yaşam içeren diğer gezegenlerle birlikte olan sonsuz dizide yıldızla dolu bir evrendi. Bruno şöyle yazmıştı:

> Uzayda sayısız takımyıldız, güneş ve gezegen bulunmaktadır; biz sadece güneşleri görürüz; çünkü ışık verirler; gezegenler küçük ve karanlık oldukları için görünmezler. Aynı zamanda kendi güneşlerinin çevresinde dolanan, bizim kendi küremizden ne daha kötü ne de daha az, sayısız dünya bulunmaktadır.

Burda, "Dünya" terimini birçok alternatif anlamı arasından "gezegen"in eşanlamlısı olarak kullanarak "birçok dünya" varsayımının erken bir örneğini oluşturdu. Esas itibariyle 17. yüzyılın başında, yeterince güçlü bir teleskobunuz varsa, diğer dünyaların tamamını yeryüzünden görememeniz ve hatta uzun bir yolculuğa sabrınız varsa o dünyaları ziyaret edememeniz

için temel bir sebep görünmüyordu. Gerçek şu ki, yıldızların Samanyolu gibi galaksilerde hep beraber gruplanmış olması Bruno'nun görüşünün atılımını engellemez. Ama o, ne Evrenin belli bir süre önce doğduğunu ne de ışık hızının sonlu olduğunu bizim bildiğimiz şekilde biliyordu. Bu gerçekler, "birçok dünya" ile kastedileni ve gözlemlenebilecek olup olmadıkları hakkındaki algımızı değiştirir.

Işık hızının sonlu yapısı Dane Ole Rømer tarafından, Jüpiter'in uydularının tutulması sayesinde 17. yüzyılın ikinci yarısında tespit edilmiştir. Işık hızının çıkılabilecek en yüksek hız sınırı olduğu gerçeği ve hiçbir şeyin ışıktan hızlı hareket edemeyeceği Albert Einstein tarafından 20. yüzyılın başında anlaşılmıştır. Evren 13,7 milyar yıl önce var olduğundan, Büyük Patlamadan bu yana ışığın sonlu bir mesafeyi katedebileceği sadece tek bir zaman vardır. Bu mesafe 13,7 milyar ışık yılı değildir; çünkü bildiğimiz kadarıyla, ışık yolculuğunda ilerlerken uzay genişlemektedir. Bu sebeple dikkatli astronomlar belli bir galaksi için "geri bakma zamanı" terimini "mesafe" terimine tercih ederler; ama bu görüşü etkilemez. Kendi perspektifimizden, mükemmel teleskoplarımız olsa da, bizler sadece Evrene doğru 13,7 milyar yıl geri bakma zamanına denk gelen uzaklıklara bakabiliriz. Evrenin daha uzağındaki ışığın bize ulaşması için henüz yeterli zaman olmamıştır; ama olmuş da olabilir! Şimdiden dünyanın etrafında bir milyar yıl uzaklıkta herhangi zeki gözlemciler varsa, 14,7 milyar yıllık geri bakma zamanına karşılık gelen uzaklıkları görebilirler. Esas itibariyle bildiğimiz ve bizi etkileyen uzay kabarcığı tüm zaman boyunca büyümektedir.

Aynı şey Evrendeki herhangi bir galaksi üzerine merkezlenmiş uzay kabarcıkları için de geçerlidir. Evren gerçekten sonsuzsa, bazıları bir diğeri üzerine binen, diğerleri tamamen birbirinden ayrı olan; ama uzay ve zamanın aynı Evrenini işgal eden bu kabarcıklardan sonsuz sayıda olabilir. Bruno'nun gördüğü anlamda, gerçekten sonsuz sayıda dünya olabilir; ama hiçbir gözlemci hepsini aynı anda algılayamaz.

Ayrıca Evren bizim onun sadece sonlu bir hacmini görmemize rağmen gerçekten sonsuz olabilir. Kozmologlar atomdan küçük bir enerji ateş topu merkezli bir Evrenden bahsettiklerinde,

tüm görünür Evreni kastederler. Beşinci bölümde bahsedeceğim gibi, esas süper-yoğun durumun kendisi sonsuz büyüklükte olabilir ve bizim görünür Evrenimiz bu sonsuz bölgenin şişerek çok daha büyük bir boyuta ulaşan küçük bir parçasını temsil ediyor olabilir.

Sonsuz sayıda dünya, sonsuz sayıda varyasyonlara ve esasen sonsuz sayıda eşdeğer kopyalara olanak verir. Bu bağlamda sonsuz bir Evrende, size ve bana eşdeğer insanların hayatlarını tıpkı bizim gibi sürdürdüğü sonsuz sayıda Evren dahil olmak üzere her şey mümkündür; sizin Başbakan, benimse Kral olduğum sonsuz sayıda başka Dünya'lar vs.. Ama bu benzer Dünya'ların herhangi birinin "bizim" kabarcığımızı işgal etme şansı yok denilecek kadar azdır. Amerikan kozmolog Max Tegmark'ın yaptığı bir hesaplamaya göre en yakın "diğer sizin", metre cinsinden ifade etmek gerekirse 10^{29}'lu (10'un 29. kuvveti) bir rakama ihtiyaç duyacağınız uzaklıktaki bir kabarcıkta yaşaması muhtemeldir. Karşılaştırma için, görünür Evrendeki galaksi ve yıldızlarda bulunan toplam atom sayısı 10'un 80. kuvveti kadar olduğu tahmin edilmektedir; yani 1'i takip eden 80 adet sıfır kadar.

Çoklu evren fikri bunlardan ibaret olsaydı, bu kitabı yazmanın bir anlamı olmazdı. Fazlası, çok daha fazlası var. Muhtemelen, aynı genişleyen uzay ve zamandaki kabarcıklar diğer evrenlerden sayılmaz, onlar basitçe bizim Evrenimizin ulaşılamayan bölümleridir. Gerçek çoklu evren, neden fizik kurallarının olduğu veya Evrenin neden yaşam için uygun bir ev olduğu gibi bilmecelere yol gösteren bilim anlayışımızın kalbinde yatıyor. Özellikle bu soruların ikincisi, sadece yüzyıl önce, "çoklu evren" teriminin astronomik bağlamda ilk kez kullanıldığı bir tartışmayı harekete geçirmiştir, ama bu kelime bu zamana kadar farklı anlamlarda kullanılmıştır ve daha fazla ilerlemeden benim onunla ne kastettiğimi açıklamam önemlidir.

Oxford İngilizce Sözlüğü'ne göre, "çoklu evren"* kelimesi ilk kez Amerikan psikolog William James (romancı Henry James'in kardeşi) tarafından 1895'te kullanılmıştır; ama o fiziksel Evrenin doğasıyla değil, mistisizm ve dini deneyimlerle ilgilenmişti.

* Multiverse –çn.

Benzer olarak, kelime G. K. Chesterton, John Cowper Powys ve Michael Moorcock'ın yazılarından gözükse de bunların hiçbirinin bilimsel bağlamda kullanımıyla ilgisi yoktur. Bizim bakış açımızdan kelimenin ilk merak uyandıran bilimsel kullanımı, Charles Darwin'den bağımsız olarak doğal seçilimle evrim fikrini ortaya atmış Alfred Russel Wallace tarafından ortaya konan, "sadece güneş sisteminde değil, bütün yıldız evreninde dünyamız tek yaşanılan gezegendir" görüşünü takiben gelmiştir. Wallace bu sözleri, 1903'ün sonlarında yayımlanan ve daha önce iki gazete makalesinde başlattığı fikirleri geliştirdiği *Man's Place in the Universe* kitabında yazmıştır. Darwin'den farklı olarak, Wallace dini mezhebi olan biriydi ve bu, "sözde *Dünyaların Çoğulluğu*"[2] fikrini tartışırken kararını renklendirmiş olabilir; ama göreceğimiz gibi, varoluşumuz bilmecesinin incelenmesi üzerine olan yaklaşımında çok çağdaş bir şey vardır. "Birçok yıldır..." diye yazmıştır:

> Jeolojik zamanın ölçümü sorununa çok az ilgi gösterdim, aynı zamanda yumuşak iklimlere ve genel olarak tüm jeolojik çağlar boyunca hâkim olmuş aynı şartların da ve ortak sebeplerin sayısını ve böyle bir aynılığı korumak için gerekli şartların hassas dengesini düşünerek, yaşamın olduğu başka bir gezegenin var olma olasılığına ya da olanağına karşı kanıtın fazlasıyla güçlü olduğuna daha da fazla ikna oldum.

Bu varoluşumuz için gerekli olan rastlantılar dizgisinin ilk muntazam, bilimsel değerlendirmesiydi; bu bağlamda, Alfred Russel Wallace şimdi "antropik kozmoloji" denen şeyin babası olarak sayılmalıdır. Wallace'ın kitabı coşkulu bir karşı görüşü ayağa kaldırdı ve iddialarını açıktan açığa reddedenler arasında H. G. Wells, William Ramsay (bir soygaz olan argonun kaşiflerinden) ve radyonun gelişimine öncü katkılar yapan bir fizikçi olan Oliver Lodge vardı. "Çoklu evren" terimini kullanan Lodge'tu, ama birçok evreni değil, birçok gezegeni kastediyordu.

Bilimsel döngülerde kelime yarım yüzyıldan fazla bir süre unutuldu, daha sonra İskoç amatör astronom Andy Nimmo tara-

2 Kendi vurgusu.

fından yeniden icat edildi. Aralık 1960'ta Nimmo, İngiliz British Interplanetary Society'nin İskoç Şubesinin başkan yardımcısıydı ve şube için Amerikan Hugh Everett tarafından geliştirilen kuantum kuramının yeni bir versiyonu hakkında bir konuşma hazırlıyordu. Bu, kuantum fiziğinin "çoklu dünyalar yorumu" olarak bilinir hale geldi. Buradaki "dünya", "evren"in eşanlamlısı olarak kullanılmıştı (elinizdeki bu kitapta da bu anlamda kullanılmaktadır). Ama Nimmo etimolojik olarak birçok evren fikrine karşı çıktı. Evren kelimesinin sözlük anlamı "var olan her şeydir", dolayısıyla Nimmo onlardan birinden daha fazlasına sahip olamayacağınız sonucunu çıkarttı. Şubat 1961'de Edinburgh'da yaptığı konuşmasının amacına uygun olarak, "çoklu evren" kelimesini icat etti, ki bununla çoklu dünyalardan *birini* kastetti. Kendi sözleriyle, "Görülebilir bir Evren, tümü meydana getiren bir çokluktur... Çoklu evrenlerle dolu bir Evrende yaşıyor olabilirsiniz, ama etimolojik olarak "evrenlerin" bir Çoklu Evreninde yaşıyor olamazsınız" fikrini kastetmek için bu kelimeyi icat etmişti.

Etimoloji açısından talihsiz bir şekilde, terim Nimmo'nun niyet ettiğinin tam tersi şekilde zaman zaman seçilip kullanıldı. Kelimenin çağdaş kullanımı, David Deutsch'un Çoklu Evren kelimesini "fiziksel gerçekliği bir bütün olarak ifade etmek için kullandığı" *The Fabric of Reality* kitabını yayımladığı 1997'de büyük bir artış gösterdi. Deutsch şöyle der: "Kelimeyi aslında ben icat etmedim. Anımsamam şundandır; basitçe Everett'in destekçilerinin arasında gayri resmi genel bir kullanımı olan bir terim seçtim." Bu kitapta "Çoklu Evren", Deutsch'un tanımladığı şekilde kullanılmıştır ki, bu şekil şu an diğer dünyalar fikriyle ilgilenen tüm bilim adamları tarafından kullanılan şekildir.[3] Çoklu Evren olan her şeydir; bir evren, belirli bir gözlemci grubu tarafından erişilebilir Çoklu Evrenin bir parçasıdır. "Bu" Evren, etrafımızda gördüğümüzdür ve Çoklu Evren arayışımıza başlamak için Everett'in kendisinden daha iyi bir başlangıç olabilir mi?

3 Tüm kırgın etimologlara [Lewis Carroll'un] *Through the Looking Glass*'daki Humpty Dumpty'in yorumunu gönderiyorum: 'Bir kelime kullandığımda...' dedi Humpty Dumpty, biraz küçük gören bir sesle, 'ne eksik ne fazla, sadece onu seçmemde demek istediğim anlamı ifade eder.'

1

KUANTUM KEDİLERİNİN ORTAYA ÇIKIŞI

Kuantum fiziği küçük ölçekteki şeylerin, esas olarak atomların ve daha küçük şeylerin davranışlarını düzenleyen bir yasalar grubudur. Bu ölçeğe bir bakış açısı getirmek gerekirse, bir posta pulunun tırtıklı kenarının iki noktası arasındaki mesafeyi birleştirmek için kabaca on milyon atomun yan yana gelmesi gerekir. Bir açıdan, bu denli küçük ölçekte işleyen fizik yasalarının, 17. yüzyılda Isaac Newton tarafından bulunan, insan ölçeğinde işleyen yasalardan farklı olması şaşırtıcı değildir. Newton fiziği bilardo toplarının masada yuvarlanmasını ve birbirleriyle çarpışmasını, bir göletin yüzeyinde yayılan dalgaları veya Mars'a giden bir roketin davranışını açıklar. Fakat başka bir açıdan, kuantum fiziğinin Newton fiziğinden çarpıcı şekilde farklı olması şaşırtıcıdır; sadece küçük detaylar bakımından değil, doğası gereği tamamen farklıdır, çünkü nihayetinde bilardo topu gibi şeyler, göletteki su ve roketler hep atomdan yapılmıştır. Nasıl olur da bütün, bazı parçalarının toplamından çok farklı davranabilir?

Bu soruyu yanıtlayan tek bir tatmin edici cevap yoktur. Hepsi eşit derecede geçerli birkaç olası cevap vardır ve bu da kendi

içinde tatmin etmeyen bir durumdur. Bu cevaplar dünyamızdaki günlük yaşantımız açısından "anlam ifade eden" şeyler değildirler ve bu durum kuantum fiziğini düşünürken ele alınması gereken en önemli şeydir. Günlük yaşantımızın tamamen dışındadır. İnsan beyninin ışık ve elektronlar gibi kuantum varlıklarının "gerçekten" ne olduğunu anlaması için bir yol yoktur. Tek yapabildiğimiz deneyler yapmak ve bu deneylerin sonuçlarını, gündelik dünyamızda anladığımızı düşündüğümüz şeylerle benzetmeler kurarak açıklamaktır.

Ne Dalga Ne Parçacık

Bazı deneylerde, ışığın davranışı gölcükteki dalgaların davranışı gibi görünür; bazı deneylerde ise, küçük bilardo toplarının akıntısı gibidir; ama bu ışığın bir dalga veya parçacık veya dalga ile parçacığın karışımı bir şey olduğu anlamına gelmez. Bir soru sorulduğunda dalga gibi cevap veren, başka bir soru sorulduğunda da parçacık gibi cevap veren, gözümüzün önüne getiremediğimiz bir şeydir. Bu durum elektronlar ve tüm diğer kuantum varlıkları için geçerlidir. Belki de biz, kendi insana özgü tecrübelerimizle sınırlı olarak yanlış soruları soruyoruzdur, ama elimizdeki sorular ve cevaplarına kalmış durumdayız.

1929 gibi eski bir tarihte, fizikçi Arthur Eddington bu durumu *The Nature of the Physical World* adlı kitabında özetledi. "Elektron bilindik kavramlarla örülüp açıklanamaz" diye yazıyordu. "Bilinmeyen bir şey, ne olduğunu bilmediğimiz bir şey yapıyor." Şunu da belirtiyordu: "Başka bir yerde şöyle bir şey okumuştum:

> ...kayrak tirsukeleler
> dönenip delgilendiler otgelde."[1]

Bu açıdan, son seksen senede hiçbir şey değişmedi. Ne elektronların (veya diğer kuantum varlıklarının) ne olduğunu biliyoruz ne de yaptıkları şeyleri nasıl yaptıklarını.

Aslında dalga ve parçacıklar gibi şeylerle zihinsel bağımızı koparak, tüm kuantum fiziğini "Jabberwocky" diline çevirmek

1 Lewis Carroll'ın Jabberwocky'sinden alıntı.

yardımcı olabilir; kesinlikle bu şekilde bir anlam ifade eder. Her şeyi daha çarpıcı kılan, kuantum parçacıklarının ne olduğunu veya yaptıklarını nasıl yapabildiklerini bilmeden, belli şekillerde dürtüldüklerinde belli şeyler yaptıklarını bilerek, fizikçiler kuantum varlıklarını kullanabilir hale geliyorlar. Bu biraz, kaportanın altında neler olup bittiği hakkında en ufak bir fikre sahip olmadan, kontrolleri idare ederek araba kullanmayı öğrenebilmeye benziyor.

İki örnek ele almak gerekirse, kuantum fiziği, cep telefonundan hava tahmininde kullanılan süper bilgisayarlara kadar her yerde olan bilgisayar çiplerinin tasarımının özüdür ve kuantum fiziği DNA ve RNA gibi büyük yaşam moleküllerinin nasıl çalıştığını açıklar. Kuantum fiziği üzerine çalışmak, sadece dünyevi olmayan bilim adamları için gizemli bir hobi değildir: Doğrudan, pratik getirileri vardır. Ancak bu kitapta, ben daha çok kuantum kuramının gizemli ve felsefi çıkarımlarıyla ilgilendim (üçüncü bölümün bir parçası hariç) ve hiçbir şey Schrödinger'in kedisi ve mirasçılarının hikâyesinden daha ilgi çekici olamaz, Ancak kedigillerle tanışmadan önce, bazı temel kuantum fiziği terimlerine bakmak gerekiyor.

Tüm bunlar günlük yaşantımızın kuantum dünyasına rehber olmakta ne kadar yetersiz olduğuna bir işarettir ve kuantum varlıklarının ne dalga ne parçacık ne de parçacık/dalga karışımı olduğu konusunda sizi uyarmış olarak, atom altı seviyede neler olduğu konusunda biraz fikir sahibi olmaya başlamak için en iyi yolun, bu tip varlıkların dalgalar veya parçacıklar şeklinde davranacağı yolları düşünmek olduğunun altını çizer. Bu en azından kuantum dünyasının en önemli; ama aynı zamanda akıl almaz özelliklerinden biri hakkında fikir sahibi olmamızı sağlar: belirsizlik.

Belirsiz Bir Kuantum

Kuantum fiziğinde, belirsizlik, kesin bir şeydir. Bir kuantum varlığı için, eşlenik değişkenler olarak bilinen parametre çiftleri bulunmaktadır; bu çiftlerin her birinin, aynı anda kesin değerini tayin etmek imkânsızdır. A niteliğini ne kadar doğru bili-

yorsanız, B niteliğini o kadar az biliyorsunuz demektir, tersi de geçerlidir. Bu bizim yetersiz ölçü aletimizin hatası değildir. Bu Werner Heisenberg'in 1927'de bulduğu, Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi olarak bilinen bir doğa yasasıdır. Bu eşlenik değişken çiftlerinin en önemlileri konum/momentum ve enerji/zamandır.

Konum/momentum ilişkisi Heisenberg tarafından tanımlanmış ilk örnektir. Momentum bu bağlamda hıza eşdeğerdir ve hız; hareket eden bir şeyin hem süratini hem de yönünü tanımlar. Heisenberg elektron gibi bir parçacığın pozisyonundaki belirsizlik ile momentumunun belirsizliğinin çarpımının her zaman (çok küçük!) sabit bir sayıdan, 2π'ye bölünmüş Planck sabitinden büyük olduğunu buldu; ama diyelim ki, elektronun konumu daha kesin bir şekilde biliniyorsa, elektronun nereye gittiği hakkında da daha fazla belirsizlik vardır. Momentumu (veya hızı) daha doğru biliniyorsa, konumu daha az biliniyordur. Bu belirsizlik elektronun (veya diğer bir kuantum varlığının) kendi özelliğidir. Elektronun kendisi aynı anda hem nerede olduğunu hem de nereye gittiğini "bilmez."

Bu nokta, dalga ve parçacık benzetmeleri için uygundur; ama sadece benzetme olduklarını unutmayın. Dalga yayılan bir şeydir. Belli bir yöne belli bir hızda yol alıyor olabilir, ama bir noktada yeri belirlenemez. Bir parçacık, yeteri kadar küçükse, iyi belirlenmiş bir momentumla hareket etmeme şartıyla bir noktaya çok yakın bir şekilde yeri belirlenebilir, ancak kesin bir momentuma sahip olarak hareket ederse artık bir noktada yeri belirlenemez. Dalga gibi davranmak şartıyla kısıtlandırıldıkça, bir kuantum parçacığının yeri daha az kesindir. Bir parçacık gibi davranmak şartıyla kısıtlandırıldığında, nereye gittiği hakkında daha az kesinlik vardır.

Bunu tanımlamanın standart yolu olasılıklardan bahsetmektir. Bir elektron, bir elektron tabancasından fosforlu ekran (tıpkı eski moda katot ışınlı tüp televizyon gibi) yönünde fırlatılırsa, elektronun silahı terk ettiği an onu temsil eden dalga boşluğa doğru yayılır, çünkü pozisyonu belirsizdir. Prensipte, kuantum fiziği yasaları bize der ki, elektron evrenin herhangi bir yerinde olabilir; ama ekrana çarpıp orada bir ışık lekesi bırakma olasılığı oldukça yüksektir. Böyle olduğu anda, konumundaki belir-

sizlik çarpıcı bir şekilde TV ekranındaki lekenin büyüklüğüne toplanır. Buna dalga fonksiyonunun çökmesi denir. Daha sonra dalga yeni konumdan tekrar yayılmaya başlar. Elektron bir atoma bağlanmadığı veya başka bir şekilde hapsedilmediği sürece, konumu zaman geçtikçe daha belirsiz hale gelir. Bir atoma bağlanırsa, hâlâ kuantum belirsizliği tarafından kısıtlanır; ama bu doğrudan Çoklu Evren arayışıyla bağlantılı değildir.

Tek Gizem

Tüm bunların kafanızda yer etmesi zor; ama kuantum dünyasının özü, ışığın veya elektron demetinin iki deliği olan boş bir engele gönderildiği tek bir deney üzerinden özetlenebilir. Kuantum kuramı üzerine yaptığı çalışmayla Nobel Ödülü kazanan Richard Feynman, bu deney için "Kuantum mekaniğinin kalbidir. Gerçekte, *tek* gizemi içerir,"[2] demiştir. Bu iki delikli deneyde ne olduğunun kafanızda oturmadığını fark ederseniz, şöyle bir yorumda bulunuyor: "Sanırım kimsenin kuantum mekaniğinden anlamadığını rahatça söyleyebilirim... Kimse nasıl böyle olabildiğini bilmiyor."[3] Yani siz de takımdansınız.

İki delikli deney aynı zamanda çift yarık deneyi olarak da bilinir; çünkü ışıkla yapıldığında delikler basitçe bir kâğıt veya karton üzerinde bıçakla kesilmiş iki paralel yarık olabilir. Işık karanlık bir odada iki yarığa doğru gider ve desen oluşturacağı arkadaki kartona doğru yayılır. Desen değişken, parlak ve karanlık çizgilerden oluşur. 19. yüzyılda bunun, tıpkı eşzamanlı olarak bir gölcüğe atılmış iki çakıl taşından yayılan dalgacıkların üst üste binmesi gibi, iki yarıktan yayılan dalgaların birbirleriyle girişiminin sonucu olduğu açıklandı veya yorumlandı. Dalgalar aynı şekilde hareket ettikleri yerlerde güçlerini birleştirip daha parlak bir çizgi oluştururlar; ters şekilde hareket ettikleri yerlerde ise birbirlerini yok edip karanlık bir çizgi oluştururlar.

2 Richard Feynman, Robert Leighton and Matthew Sands, *The Feynman Lectures on Physics Volume III*, Addison-Wesley, Massachusetts, 1965. 'Kuantum mekaniği' terimi esasen 'kuantum fiziği' ile eş anlamlıdır.

3 *The Character of Physical Law* [Fizik Yasaları Üzerine].

Ne var ki 20. yüzyılın başlarında Albert Einstein ışığın bir parçacık yağmuru gibi davrandığını kanıtladı. Fotoelektrik etkisi diye bilinen bir süreçte metal bir yüzeye düşen ışık, yüzeydeki elektronları dışarı fırlatır. Bu elektronların enerjileri sadece belirli değerler alabilir ve Einstein bunun ışığın küçük parçacıklar halinde yüzeye çarpmasının sonucu olduğunu gösterdi; her biri belirli bir enerjiye sahip olan bu parçacıklara günümüzde foton deniyor. Sırası gelmişken söyleyelim, görelilik kuramları değil bu çalışması Einstein'a Nobel Ödülü kazandırmıştı.

Işıkla yapabileceğiniz iki tür deney var: Biri ışığın bir dalga olarak davrandığını gösterir diğeri de ışığın bir parçacık yağmuru olduğunu gösterir. Aynı durum elektronların incelenmesinde de vardır, ama ters şekilde.

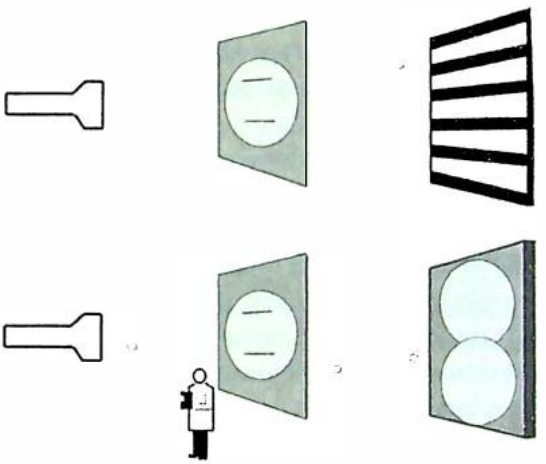
19. yüzyılın sonlarına doğru, Cambridge'te J. J. Thomson yönetimindeki deneyler elektronun parçacık olduğunu herkesi tatmin edecek şekilde kanıtladı; ama 1920'lerde, J. J.'in oğlu George'un da dahil olduğu bazı araştırmacılar tarafından yapılan deneyler elektronların dalgalar gibi davrandığını gösterdi. J. J. Thomson elektronların parçacık olduğunu kanıtladığı için Nobel Ödülü aldı; George Thomson ise elektronların dalga olduğunu kanıtladığı için. Kuantum dünyasının akıl almaz doğasını daha iyi hiçbir şey özetleyemez.

Bugün, iki delikli deneylerin varyasyonları o kadar gelişmiştir ki, fotonlar veya elektronlar gibi parçacıkları teker teker deliklere doğru fırlatarak farklı deneyler yapılabiliyor. Elektronlar için sonuçları tanımlayacağım, ama tamamen aynı türden deneyler fotonlar için de yapılmaktadır. Deneyin diğer tarafında bir karton yerine, her elektron geldiği anda ışık lekesini kaydeden bilgisayar monitörü gibi bir detektör ekranı bulunur. Elektronlar çarptıkça bu ekrandaki lekeler kalıp bir desen oluştururlar. Araştırmacılar bu deneyi yaptıklarında, her elektron bir parçacık olarak gelir ve ekranda sadece tek bir leke oluşturur. Ama yüzlerce ve binlerce elektron deney boyunca ardı sıra ateşlenirse, ekran üzerinde oluşan desen, dalgalar kullandığında oluşan tipik bir girişim desenidir.

Her elektron her iki delikten tek seferde geçip kendisiyle girişim yapmakla kalmaz, girişim deseninde tüm ateşlenmiş elekt-

ronların veya hâlâ gelmekte olan elektronların arasında yerini de bulur. Kuantum dünyasındaki parçacıklar tüm deneyden haberdar gibidirler, hem ortam (iki delik) hem de zaman açısından.

Dahası da var. Deneyciler iki deliğe bakan detektörler kurabilir ve hangi elektronun bu deliklerden geçtiğini görüntüleyebilirler. Bunu yaptıklarında, elektronun aynı anda iki delikten geçtiğini asla göremezler. Deliklerin birinden veya diğerinden geçtiğini görürler ve bunu yaptıklarında, girişim deseni oluşmaz. Ekrandaki lekeler, her bir deliğin arkasına düşecek şekilde iki küresel lekedir, tıpkı parçacıklardan oluştuklarında yapmalarını beklediğiniz gibi. Elektronlar aynı zamanda sanki izlenip izlenmediklerini biliyor gibi gözüküyor ki tüm bunlar foton ve diğer varlıkları için de geçerlidir.



Basit bir çift yarık düzeneği. Eğer gözlemci hangi elektronun nereden geçtiğini gözlemezse girişim deseni oluşur (üstteki durum); ama hangi elektronun nereden geçtiğini gözlerse girişim deseni oluşmaz (alttaki durum).

Bu yüzden Feynman iki delikli deneyin kuantum fiziğinin merkezinde yer aldığını ve kimsenin bunun nasıl olduğunu bilmediğini söylemiştir. Onun yerine, elektronların iki delikli deneyde ilerlerken *sekiz kayrak tirsukele* ve *yedisi de azotta dönenip*

delgilenirler şeklinde konuşabiliriz; bir şey dışında. Kuantum dünyasında ne olduğunu *anlamasak da*, kuantum mekaniğinin denklemleri neler bittiğini büyük bir hassaslıkla betimleyebiliyor. Örneğin elektronların dalga ve parçacık gibi davrandığı durumları bilerek, bilgisayar çipleri tasarlayabiliyoruz. Çılgınca gelebilir, ama işe yarıyor.

Hayal Edilemeyeni Yorumlama

Kimileri, insanların kuantum fiziğinin nasıl çalıştığını idrak edebilmesi için bazı fikirler oluşturmayı denediler. Bu fikirlere kuantum fiziğinin yorumlamaları deniliyor. Hayal kurmaya yardımcı bu yorumlardan ilk kurulanı Kopenhag yorumu olarak bilinir, çünkü çoğunlukla bu şehirde çalışan bilim adamları tarafından oluşturulmuştur. 1930'lardan 1980'lere kadar kuantum dünyasını düşünmenin standart yolu buydu ve hâlâ yaygınca öğretilmektedir; ama ortaya en az verdiği cevaplar kadar soru çıkarmaktadır.

Kopenhag yorumuna göre, atomların, elektronların ve diğer kuantum varlıklarının biz onlara bakmıyorken ne yaptıklarını sormak anlamsızdır ve kuantum deneyinin ne kadar doğru sonuç vereceği konusunda emin olamayız. Tek yapabileceğimiz belirli bir deneyin belirli bir sonucu olacağı ihtimalini hesaplamaktır. Bu tıpkı bir çift zar attığınızda 12 gelmesinin bir olasılık olması veya toplamda 5 gelmesinin başka bir olasılık olması gibidir. Ayrıca toplamda 17 veya 4,3 gelmeyeceğini bilirsiniz. Aynı şey kuantum deneylerinde de olur. Bazı sonuçlar daha olası, bazıları daha az olası, bazıları ise imkânsızdır.

Zarla toplamda ne geleceğini önceden bilemeyebilirsiniz; ama en azından zarlara bakmadığınızda orada olduklarını bilirsiniz. Kopenhag yorumu der ki, kuantum varlıkları gözlemlenmediğinde çeşitli olasılıklar sunan bir dalga karışımına dönüşür (buna bazen dalga fonksiyonu denir). Bu karışım, durumların üst üste binmesi* olarak bilinir. Bir ölçüm yapıldığında, ölçümün davranışı kuantum varlığını çeşitli olasılıklarla uyumlu olan bu durumlardan birini seçmeye zorlar ve dalga fonksiyonu

* Süperpozisyon –çn.

çöker; ama ölçüm yapılır yapılmaz, kuantum varlığı bir kez daha bir karışıma, yani üst üste binme durumuna dönüşür.

İki delikli deneye özel olarak bakıldığında, Kopenhag yorumu der ki, deneyin bir tarafında elektron, silahı terk eder terk etmez üst üste binme durumuna, yani iki delikten geçen dalgalara dönüşür. Dalgalar bir kere deliklerden geçti mi, yeni üst üste binme durumları oluşturmak için birbirleriyle girişim yaparlar. Daha sonra, bu üst üste binmiş durumlar hedef ekranına ulaşınca, dalga fonksiyonu tek bir noktaya çöker ve elektron en azından geçici olarak gerçek bir parçacığa dönüşür; ama deneyi hangi elektronun nereden geçtiğini görebilecek şekilde kurarsak, gözlemin davranışı dalga fonksiyonunun bir delikte çökmesine neden olur ve sonra, diğer tarafa tek bir konumdan yayılır, girişim olmaz, daha değişik türde bir desen bırakır.

Bu durum *The Cosmic Code* adlı kitabında Heinz Pagels tarafından düzgün bir şekilde özetlenmiştir. Pagels, New York Bilimler Akademisi'nin (*New York Academy of Sciences)* başkanlığını yaptığı ve ne dediğini tam olarak bildiği için, yaptığı bazı yorumları alıntılamaya değer. Kopenhag yorumuna göre der ki:

> Uzaydaki bir noktada, örneğin iki delikten birinde, gerçek gözlemden bağımsız olarak, elektronun nesnel varlığına verilebilecek herhangi bir anlam yoktur. Elektron sadece biz onu gözlemlediğimizde varlığa kavuşur gibi görünür... Gerçeklik kısmen gözlemci tarafından yaratılır.

Bunun saçma olduğunu düşünebilirsiniz. Öyleyse, iyi yoldasınız. Kuantum fiziğindeki çalışması sebebiyle Nobel Ödülü almış başka bir fizikçi olan Erwin Schrödinger, Kopenhag yorumundan nefret etmiştir (kuantum kuramı hakkında bir keresinde şöyle demiştir: "Ondan hoşlanmıyorum, onunla hiçbir alakam olmamasını dilerdim,") ve bu saçmalığı göstermek için meşhur "kutudaki kedi" deneyini hayal etmiştir. Bu tamamen kurmaca bir senaryo, bir "düşünce deneyidir." Hiçbir kedi Schrödinger'in tanımladığı kötü muameleyi görmemiştir; ama bu onun Kopenhag yorumunun eleştirisini zayıflatmaz.

Schrödinger'in kendi versiyonu, detaylı Geiger sayaçları tarafından görüntülenen radyoaktif atomları içermektedir. Benim

versiyonum ise biraz değişik olarak, kuantum dünyasının garipliğinin ek bir özelliğini gündeme getiriyor.

Tüm Kuantum Kedilerinin Annesi

Bir ayakkabı kutusu büyüklüğünde, tek bir elektron dışında tamamen boş olan bir kutu hayal edin. Kopenhag yorumu der ki, elektronun dalga fonksiyonu tüm kutuyu doldurmak için yayılır, böylece içeri bakarsak elektronu kutunun herhangi bir yerinde bulmamız için eşit şans vardır. Şimdi kutunun tam ortasından pürüzsüz dikey bir parçayı indirdiğinizi düşünün, tıpkı sihirbazların bir kadını ortadan böldükleri illüzyonda kullandıkları bölünen parçalar gibi. Genel görüşümüz bize der ki, tıpkı kutunun içinde zıplayıp duran küçük bir topta olacağı gibi, elektron yarım kutuların birinde hapsolmalıdır; ama Kopenhag yorumu bize, elektronun dalga fonksiyonunun kutunun her iki yarısını da işgal ettiğini söyler. Şöyle bir bakarsak bu, elektronun kutunun her iki tarafında da bulunma olasılığının eşit olduğu anlamına denk gelir.

Şimdi ek özellik geliyor. Kutunun tamamen iki ayrı parçaya bölündüğünü hayal edin (tıpkı ikiye bölünen kadın illüzyonunda olduğu gibi). Bu iki yarım, aralarında bir boşluk bırakarak ayrılabilirler. Kopenhag yorumu hâlâ, elektronun dalga fonksiyonunun iki yarım kutuda da eşit olarak dağıldığını söyler. Dalga fonksiyonunun kutuların arasındaki boşlukta olmamasına rağmen, yarım kutuların birini Ay'a veya daha uzağa götürebilirsiniz ve yine aynı şey olur. Dalga fonksiyonu sadece siz yarım kutulardan birinin içine baktığınızda belli bir noktada elektron haline gelmek için çöker. Hangisi olduğu önemli değildir. A kutusuna bakarsanız ve elektron görürseniz, B kutusundaki dalga fonksiyonu kaybolur; A kutusuna bakarsanız ve elektron görmezseniz, A kutusundaki dalga fonksiyonu kaybolur ve elektronun B kutusunda olduğu kesindir. Elektronu görürseniz, bakmayı kestiğiniz an dalga fonksiyonu tekrar yayılır, ama sadece elektronun bulunduğunu bildiğimiz yarım kutuyu doldurmak için.

Kuantum garipliğinin bu yanı, Schrödinger'in 1935'te yayımlanan, kendi deyişiyle "kedi paradoksu"nu hayal ettiğinde esas

olarak ilgilendiği şey değildi. O, kuantum garipliğinin başka bir özelliğini, üst üste binme durumlarını gösteriyordu. Benim konu üzerindeki değişikliğim, ayakkabı kutusunun ortadan ikiye ayrılması ve elektronun her iki tarafta %50 şansı bulunması aşamasını getiriyor. Kutunun bir kedinin yeterli yiyecek ve içecekle oldukça rahat bir şekilde yaşayabileceği, büyük, tamamen yalıtılmış bir odada olduğunu düşünün. Ama kutu, tayin edilmiş bir zamanda, kutunun belli bir yarısında elektron olup olmayacağı ölçümünü yapacak bir detektöre bağlıdır. Orada elektron yoksa, hiçbir şey olmaz; ama elektron tayin edilirse, Schrödinger'in deyişiyle "acımasız bir araç" bir zehir şişesini kırar ve zehir odaya yayılıp kediyi öldürür.

Gerçekten öldürür mü? Genel görüş kedinin kurtuluşu için %50 ve kedinin ölümü için %50 şans olduğunu söyler. Kopenhag yorumu der ki, dışarıdan neler olduğunu gören bir gözlemci olmadığı için, yarım kutu incelendiğinde, elektron dalga fonksiyonunun çöküşü yerine tüm odanın dalga fonksiyonu üst üste binme durumlarına geçer ve biri canlı bir kediye, diğeri ise ölü bir kediye karşılık gelir. Schrödinger'in sözleriyle, "tüm sistemin dalga fonksiyonu bunu, canlı ve ölü kedinin (tabirimi maruz görün) eşit parçalarda karışmış veya bulaşmış olduğunu varsayarak açıklayabilir."[4] Kedi aynı zamanda hem ölü hem de canlıdır (ya da tercih ederseniz, ne ölü ne de canlıdır) ve biri odanın kapısını açıp içeri bakıncaya kadar bu şekilde kalır.

Daha sonra kapı açıldığı zaman değil de sanki otomatik görüntüleme cihazı kutunun içine bakmış olduğu anda, dalga fonksiyonu muhtemel ölü kedi görüntüsünü kapsayacak şekilde çöker.

Gariplik burada son bulmuyor. Diğer fizikçiler çabucak bunun sonsuz sorunlara yol açabileceğini gösterdiler. Odaya bakan tek kişiyseniz, dalga fonksiyonunu çökertir miydiniz, yoksa üst üste binme durumlarının bir parçası mı olurdunuz? Peki bir arkadaşınız size telefon açıp deneyin sonucunu sorduğunda, dalga fonksiyonu çöker miydi, yoksa arkadaşınız üst üste binmenin bir parçası haline mi gelirdi? Mantıksal uç noktaya ge-

4 Wheeler ve Zurek'ten çeviri.

lindiğinde, kozmologlar tarafından ciddi bir şekilde tartışılan, tüm evreni kimin gözleyebileceği ve dalga fonksiyonunu kesin bir duruma çökertebileceği gibi sorular da ortaya çıkar. Neden her şey üst üste binme durumlarında kalmıyor?

Kopenhag yorumundan daha iyi bir yorum olsaydı çok önceden çürütülürdü; ama daha iyi bir teori yoktur. Sadece kuantum deneylerinin sonuçlarını aynı doğrulukta öngören alternatif yorumlar[5] vardır; fakat daha iyi değillerdir, çünkü Kopenhag yorumunun öngörmediği bir şeyi öngörmezler. Her biri zamanda geri giden sinyaller veya uzak mesafelerde kuantum varlıklarının anlık iletişimi gibi kuantum garipliğinin kaçınılmaz bileşenlerini bulundururlar. Yani hangi kuantum yorumunu seçtiğiniz, kuantumun hangi garip yönüyle daha rahat ettiğinizi (ya da daha az rahatsız hissettiğinizi) ilgilendiren basit bir tercihten ibarettir. Yapılan deneysel testlerle uyumlu olduğu sürece, Çoklu Evren arayışına uygun olan ve kesinlikle, Kopenhag yorumu dahil, diğer tüm yorumlar kadar iyi olan yorum, 1950'lerde Hugh Everett tarafından oluşturulmuş "Birçok Dünya yorumu"dur.

Hugh Everett'in Birçok Dünyası

Everett 11 Kasım 1930'da Washington, DC'de doğdu. Henüz çok küçükken açıkça hayat, Evren ve her şeyle ilgili büyük sorularla ilgileniyordu. 13 yaşında Albert Einstein'a tüm Evreni neyin bir arada tuttuğunu soran bir mektup yazmıştı. 11 Haziran 1943 tarihli bir mektupla Einstein "karşı konamaz bir kuvvet ve sarsılmaz bir kütle diye bir şey yoktur."[6] diye cevap verdi. Liseden mezun olduktan sonra, Everett *Catholic Amerika Üniversitesinde* ve ayrıca Washington'da lisans diplomasını alacağı kimya mühendisliği okudu. Üniversitedeki arkadaşlarından biri olan Karen Kruse, kendisi de bir fizikçi ve Çoklu Evren fikrinin Everett versiyonunun bir hayranı olan (ki bu birçok hikâyesini renklendirmiştir) bilim kurgu yazarı Poul Anderson'la evlenmişti.

5 *Schödinger's Kittens* kitabımda ele alınmıştır.

6 Everett ile ilgili alıntılar, Eugene Shikhovtsev'in yayımlanmamış *Biographical Sketch* kitabından alınmıştır.

Lisans diplomasını aldıktan sonra, Everett'in ilgisi kuramsal fiziğe doğru yöneldi; ama eğitimini daha ileriye götürmek için ekonomik desteğe ihtiyacı vardı. Göze çarpan bir öğrenci olarak, kendisine Princeton'da matematik üzerine doktora yapması için prestijli *National Science Foundation Fellowship* bursu teklif edildi, o da bunu mutlulukla kabul etti. Soğuk Savaşın doruk noktasıydı ve bursun şartı, masum bir isim gibi gözükse de askeri uygulamalarda önemli bir rolü olan oyun kuramı üzerine çalışmasıydı. Everett yapması gerekeni yaptı; ama Princeton'a temelli olarak yerleştikten sonra Fizik Bölümüne geçmenin yollarını aramaya başladı. Eylül 1954'te, ikinci senesinin başında geçişi yaptı ve başlangıç olarak Frank Shoemaker'ın tez danışmanlığında yola koyuldu; ama fizik Everett'in doktora çalışmasının başlıca konusu haline geldiğinde bile oyun kuramı üzerinde çalışmaya devam etti.

Hemen hemen resmi olarak bir fizikçi olduktan sonra, Everett günümüzde hatırlanmasını sağlayan büyük fikri ortaya attı. Hatırı sayılır miktarda İspanyol Şarabının tüketildiği bir partinin sonrası Everett, öğrenci arkadaşı Charles Misner (sonradan görelilik kuramının öncü uzmanlarından biri olacaktı) ve bir misafir olan Aage Petersen ile birlikte Schrödinger'in kedisi meseli gibi komik kuantum bulmacaları hayal edip kendilerini oyalıyorlardı. Seçtikleri konu, o sıralar Niels Bohr'un (kuantumun öncülerinden ve Kopenhag yorumunun sözcüsü) asistanı olarak çalışan Petersen'ın orada olmasından kaynaklanıyordu. Bulmacaların hepsi, tıpkı Schrödinger'in kedisi deneyindeki gibi, dalga fonksiyonu çöktüğünde ne olacağının yorumlanması ve anlaşılabilmesindeki zorluktan çıkıyordu. Everett'in büyük fikri, hemen hemen bir şakadan, şunu sormak üzereyken ortaya çıkmıştır: Dalga fonksiyonu çökmezse ne olur? Üst üste binme durumları sonsuza kadar sürerse ne olur?

Ertesi günün donuk ışıklarında, bu çılgın fikir ona çok da çılgınca gelmemeye başladı ve Everett bunu kuantum kuramının denklemlerini kullanarak düzgünce araştırmaya karar verdi. Ama daha önce başka işleri vardı: Aralık 1954'te oyun teorisinin askeri uygulamaları hakkında verdiği bir ders ve 1955'in baharında mezun olmak için vermesi gereken sınavlar gibi kü-

çük sorunlar. Yüksek lisans diplomasını bu sınavları geçtikten sonra almıştır. Yani büyük fikrini yazmaya ve düzgün bir matematik diliyle yorumlamaya başlaması 1955'in yazından önce değildi. Sonuç bir tez taslağıydı ve ertesi sene evlendiği kız arkadaşı Nancy Gore tarafından daktilo edilmişti. Konu Frank Shoemaker'ın uzmanlık alanı dışındaydı ve böylece tüm malzemesiyle birlikte, Everett'in tez danışmanlığı Shoemaker'dan John Wheeler'a geçti; aslına bakılırsa, tezinin taslağını yazmadan önce Wheeler'la fikrini paylaşıp tartışmıştı.

Wheeler bu iş için harika bir adamdı. 1911'de doğmuştu ve 1930'ların ortalarında doktorasını bitirdikten hemen sonra birkaç yıl Kopenhag'da Niels Bohr ile birlikte çalışmıştı. Kısa bir süre sonra Amerika'ya döndüğünde, Feynman Princeton'da bir doktora öğrencisiyken, Richard Feyman'ın danışmanı olmuştu. Genel görelilik kuramının bir uzmanı olarak, modern astronomi içeriğine 1967'de "karadelik" terimini ilk getiren kişi kendisi olmuştur. Wheeler her zaman yeni fikirlere açıktı ve onlarla aynı görüşte olmasa bile gelişmeleri için destek vermekten mutluluk duyuyordu.

Princeton'daki üçüncü senesinin başlangıcı olan Eylül 1955'te Everett, Wheeler'a fikrinin gelişebilmesi için iki kısa makale yazdı; bunlar şu an Everett'in diğer dokümanlarıyla beraber Amerikan Fizik Enstitüsü Niels Bohr Kütüphanesi (*Niels Bohr Library of the American Institute of Physics*) arşivinde bulunmaktadır. Bu makalelerden birinde Everett ilk kez bir kuantum ölçümü yapıldığında (elektron için ayakkabı kutusuna bakmak gibi) bir gözlemcinin "bölünmesi"den bahseder. Wheeler kenara şöyle yazar, "Bölünme mi? Daha iyi bir kelime lazım." Ama Everett aynı fikirde değildir ve ayrılmayı ya da bölünmeyi "iyi hafızalı zeki bir amip" benzetmesiyle kullanmıştır. Ne var ki Wheeler buna pek ilgi göstermemiştir. Bugün, Everett'in kuantum fiziğinin nasıl çalıştığını gösterdiği versiyonunu açıklamak için en ideal yol bu gözükmektedir.

Bu çerçevede, elektronun ayakkabı kutusunda olduğu gibi bölme aşağı indikten sonra, gözlemci bölümün bir tarafındaki kapağı açtığında ve içeri baktığında dalga fonksiyonunun çöküşü yoktur. Her iki sonuç da gerçekçidir ve eşit olasılığa sahiptir.

Dalga fonksiyonu çökmez, ama tüm Evren, gözlemci de dahil, bölünür. Gerçekliğin birinde, elektronu gören bir gözlemci vardır. Gerçekliğin diğerinde ise ilk gözlemciye bu anlamda benzer olan ve bir elektron görmeyen bir gözlemci vardır. Amipler ikiye bölünerek çoğalırlar. Zeki ve iyi hafızalı bir amip olsaydı, bölünmeden önce bir kişilik olurdu; ama bölündükten sonra o ana kadar benzer hafızalara sahip olan, ancak sonrasında hayatlarını farklı yollarda geliştirecek iki kişilik olurdu. Kuantum durumundaki fark, asıl bölünenin Evren veya gözlemci olmadığı, ama ortalama dalga fonksiyonunun, üst üste binme durumlarının ölçüm veya gözlem yapıldığı an kendi içinde bir dallanma oluşturduğudur. Everett'in büyük başarısı bunu eksiksiz bir matematik diliyle ifade etmesi ve bu yorumun Bohr'un kuantum fiziği versiyonu olan Kopenhag yorumuyla karşılaştırılabilecek her yönden özdeş olduğunu kanıtlamasıydı.

Wheeler'ın yorumlarının ışığında biraz gözden geçirilip, Nancy tarafından daktilo edilmiş 137 sayfalık deneme, Ocak 1956'da ilave yorumlar için Niels Bohr dahil birçok uzmana dağıtıldı. Everett 1956'nın baharında Pentagon'da kariyerine başlamak için Princeton'dan ayrıldı. Burada Silah Sistemleri Geliştirme Grubu (*Weapons Systems Evaluation Group)* için yüksek derecede gizli bir iş üzerine çalışmaya başladı ve kısa bir süre içerisinde matematik bölümünün başına geçti. İşlerinin çoğu halen gizlidir; ama bazıları dışında bunların, nükleer saldırı hedeflerinin seçilmesi için en uygun metodun belirlenmesi ve *Mutually Assured Destruction (MAD)* kavramını geliştirmekle ilgili olduğu anlaşılmıştır. Everett Eylülde Princeton'a son sınavları için geri dönmüş ve Mart 1957'de Wheeler'ın yorumları ve sunumuyla ilgili hatırı sayılır tavsiyesi üzerine, yeniden elden geçirilmiş tezinin çok kısa bir versiyonunu teslim etmiştir. "Bölünme" son versiyonda bulunmamıştır; Wheeler Everett'i doktorasını alması söz konusu olduğunda temkinli davranmanın daha akıllıca olacağına ikna etmişti.

Everett resmi olarak doktorasının eksiklerini Nisan 1957'de tamamladı ve aslında doktorasının son versiyonuyla aynı olan bir makale *"Kuantum Mekaniğinin 'Göreli Durum' Formülasyonu"* başlığı altında, aynı yılın Haziran ayında *Reviews of Mo-*

dern Physics'te yayımlandı. Makale sadece birkaç kişinin ilgisini çekmişti. Bu çalışmaya ilgi gösterenlerden biri fizikçi Bryce DeWitt'ti, ama o bile başlangıçta fiziksel dünyanın her kuantum seçeneğinde tekrar tekrar bölüneceği fikrine karşıydı. Everett tarafından fikrin içinde soyut felsefi düşünceden daha fazlası olduğuna ikna edilerek, DeWitt sonunda Birçok Dünya fikrine daha geniş bir kitlenin ilgisini çekmekte yararlı oldu, ama bu on seneden önce olmayacaktı.

Everett, fikirleri ve Einstein'ın genel görelilik kuramı arasındaki ilişkiyi vurgulamak için "göreli durum" terimini seçmişti. Einstein'ın kuramında, Evrende özel bir yer yoktur ve her gözlemci bakış açısı doğrultusunda aynı yetkiye sahiptir. Everett'in teorisinde ise, bu şekilde ifade etmemiş olsa da, Çoklu Evrende özel bir evren yoktur ve tüm kuantum durumları eşit derecede gerçektir. Bunu Einstein'ın öngörüsüyle birleştirirsek, Çoklu Evrendeki tüm gözlemciler bakış açıları doğrultusunda aynı yetkiye sahiptir. Everett'in *Reviews of Modern Physics*'teki makalesinden sonraki bir makalede Wheeler buna dikkat çekti: "Fizikte, eylemsizlik koordinat sistemlerinin hepsinin eşit derece geçerli olduğunu söyleyen genel görelilik prensibinden daha önemli başka bir şey yoktur." Tüm gözlemciler eşit derecede gerçektir. Birçok Dünya yorumu Çoklu Evrenin tek versiyonu olmasa da, bu öngörüyü çürüten başka bir versiyon yoktur.

Şunu vurgulamakta önem var; sanki Everett onu muğlak bırakmış gibi hâlâ insanlar "göreli durum" formülasyonunun gerçekte fiziksel olarak ne anlama geldiğini tartışıyor. Hiç de değil. Wheeler'ın tezinden çıkartması için ikna ettiği bölünme ve zeki amiplere olan referanslardan oldukça farklı olarak, *Reviews of Modern Physics* makalesinin dipnotunda Everett şöyle yazmıştır, 'Kuramın bakış açısından, üst üste binme durumlarının *tüm*[7] elementleri (tüm "dalları") "hakikidir", hiçbiri diğerlerinden daha "gerçek" değildir. Hepsi hariç sadece birinin yok olduğunu farz etmek gereksizdir.' Uzun taslak versiyonunda[8] ise şöyle yazmıştır:

7 Kendi vurgusu.

8 DeWitt ve Graham tarafından düzenlenmiş makale derlemesinde yayımlanmıştır.

> Bu noktada bir dil zorluğuyla karşılaşıyoruz. Halbuki gözlemden önce tek bir gözlemci durumumuz vardı; ama daha sonra gözlemci için birçok farklı durum oldu, öyleyse farklı durumlar tarafından tanımlanmış farklı gözlemcilerden bahsedebiliriz... Bu durumda tek bir fiziksel sistem söz konusu olduğunda tekil olana vurgu yapmalıyız ve üst üste binme durumunun farklı elementlerinin farklı olayları için çoğula vurgu yapmalıyız. (Örneğin "sonuçlanan üst üste binme durumlarının her gözlemcisinin bir özdeğer algılaması sonrası, gözlemci A niceliği için bir gözlem yapar.")

Bu bölünmelerin hiçbirini neden hissetmediğimizi soran insanlara hazır bir cevabı vardı. Yine *Reviews of Modern Physics* makalesinden alıntılarsak:

> Bir dalın diğer dal üzerindeki etkisinin olmaması, bu "bölünme" işleminden hiçbir gözlemcinin haberdar olmayacağı anlamına da gelir.
> Bu kuramla resmedilen dünyanın, bizim herhangi bir dallanma işleminden haberdar olmadığımız için deneyimlerle uyuşmadığı görüşü, tıpkı Copernicus kuramının eleştirisi olan "fiziksel bir gerçek olarak dünyanın hareketliliği doğal genel-geçer yoruma uyuşmuyor; çünkü hiçbir hareket hissetmiyoruz"a benziyor. İki durumda da kuramın kendisinin deneyimimizin gerçekte ne olacağını öngörmesi bu iddayı çürütür. (Copernicus durumunda, dünya üzerinde yaşayanların dünya hareketini hissetmeyeceğini göstermek için Newton fiziğinin eklenmesi gereklidir.)

Ama evrenler bölünmeden sonra birbirinden tamamen ayrılmalıdır. Everett tez taslağında, "Bu farklı durumlarda tanımlanan gözlemciler arasında mümkün herhangi bir iletişim yoktur," diye yazar.

Tarihin Dallanan Ağacı

Bu kitabın kapsamı dışında olmasına rağmen kısaca bahsetmeden geçilemeyecek kadar çok ilgi çekici olan tek bir olasılık dışında "Paralel Dünyalar" olarak da bilinen, Everett'in "Çoklu Evreninde" farklı dallar arasındaki iletişim, bu farklı gerçekliklerin varlığını ortaya koyan aynı denklemlere göre imkânsızdır.

Bu olasılık zaman yolculuğudur. Saygın bilim dünyasına girmeden çok önce bilimkurguya girmiş şeylerden biri paralel dünyalar fikri, bir diğeri ise zamanda yolculuk fikridir. Birçok paralel evren hikâyesinde, ya başkahraman bir şekilde "zamanda yana doğru" yer değiştirerek kendini başka bir evrende bulur ya da tüm hikâye paralel bir gerçeklikte, yani geçmişte kritik bir yerde bizim tarihimizden dallanmış alternatif bir zamanda geçer; örneğin Mihver güçlerinin İkinci Dünya Savaşını kazandığı bir tarih.

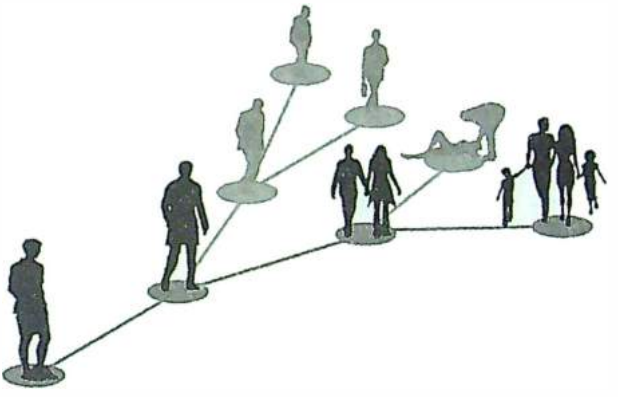
Ortaya çıkan resim, farklı zamanlarda farklı sonuçlara bağlı olarak dallanmış oldukları için var olan farklı evrenleri tanımlayan, birçok dalı olan bir ağaca benzeyen bir tarihtir. Ağaçta "ana gövde" olmaması ve dallanmanın daha karışık olduğu konusunda Everett haklı olduğu için benzetme mükemmelden oldukça uzaktır; ama yine de iş görür. Zaman yolculuğu hikâyelerinde, zamanda geriye giden yolcular bulunur ve kasten veya yanlışlıkla tarihi değiştirirler; böylece geldikleri "şimdiki zaman"dan oldukça farklı bir yer bulurlar.

Bu iki fikri birleştirerek, bir yolcu zamanın gerisinde tarihin bir dallanmasına (bir evrene) sonra da ileri giderek başka bir dallanmaya (başka bir evrene) gidebilir. Bu aslında onun tarihi değiştirdiği anlamına gelmez; iki versiyon da hep var olmuştur. Örneğin klasik "nine paradoksu"nda, bir yolcu zamanda geçmişe gider ve henüz yolcunun annesi doğmamışken kazayla anneannesinin ölümüne yol açar. Bu durumda, sadece bir zaman çizgisi olsaydı, yolcu asla doğmazdı ve böylece zamanda geri gidemezdi ve ninesi yaşardı vs. Hikâyenin Birçok Dünya versiyonunda yolcu geçmişe gider ve anneanne öldürülür, ama bu başka bir evrenin dallanma noktasıdır. Yolcu zamanda ilerleyip hiç var olmadığı alternatif bir dala gidebilir veya en baştaki dala gidip, anneannesinin ölmediğini bularak şaşırabilir. Her ikisinde de paradoks yoktur.

Tüm bunlar eğlenceli bir kurgu oluşturur. Bizim için şaşırtıcı olan zamanda yolculuğu engelleyecek hiçbir şeyin olmamasıdır, gerçi bir zaman makinesi yapmak oldukça güç olurdu.[9]

9 Kip Thorne'un kitabına bakınız. Bu arada Thorne, Wheeler'ın başka bir öğrencisiydi.

Genel görelilik kuramının denklemleri (uzay ve zaman hakkında sahip olduğumuz en iyi kuramdır ve şu ana kadar yapılan tüm testlerden geçmiştir) zamanda yolculuk olasılığına izin veriyor; ama zaman makinesi yapılmadan geçmişte yolculuk yapmaya izin vermiyor. Bu yüzden gelecekten gelen misafirler tarafından işgal edilmiyoruz. Zaman makinesi henüz inşa edilmedi.



Tarihin dallanması üzerine bir illüstrasyon.

Ama Çoklu Evrene geri dönecek olursak, nine paradoksu bize Schrödinger'in kedisi hikâyesini hatırlatır. Bu tam olarak Everett'in Birçok Dünya yorumunun çözdüğü türden bir bulmacadır.

Çünkü asıl kedi bulmacası kurulduğunda, sadece iki olası sonuç vardı; kuantum fiziği diliyle iki "özdeğer." Kedi ya ölü ya da canlıdır. Everett'in yorumuna göre bu, birbiri üzerine birleştirilmiş; ama birbirini etkileyemeyen iki eşit gerçek dünya var demektir: Ölü kedinin olduğu bir evren ve canlı bir kedinin olduğu evren. Yuvarlanan zarların sonuçlarına eşdeğer daha fazla olası sonucun olduğu daha karışık bir senaryo hayal etmek kolaydır. Schrödinger'in kendi fikrini genişletirsek, kendi bölümlerine yerleştirilmiş ve birinin ölümü zarın sonucuna bağlı olan düzinelerce kedi olabilirdi. Deney yapıldıktan sonra, buna denk

gelen sayıda birçok kuantum kedisinin hesap edilmesi gereken paralel evrenler olurdu, ama genelde farz edildiği gibi bunların sayısı sonsuz olmazdı. Birçok Dünya yorumundaki "birçok" anlaşılamaz derece büyük bir sayı olsa da, sonsuz olabileceğini düşünmemiz için herhangi bir neden yoktur. Bu uçsuz bucaksız paralel evren yığınında, yanı başımızdaki evren bizimkinden ayırt edilemeyecek kadar benzer olabilir, kısmen uzak olan evren ise bizimkinden çok daha önceleri dallanmış olup daha farklı olabilir ve Çoklu Evrenin uzağındaki evrenler bizimkinden baştan aşağı farklı olabilir.

Birçok Dünya yorumunun ciddi bir şekilde dikkate alınmasının en önemli sebebi, tüm evreni kuantum kavramlarıyla daha iyi açıklayacak başka bir şeyin bulunamamış olmasıdır. Wheeler bunu en başından fark etmiştir; 1957'deki *Reviews of Modern Physics* makalesinde, son cümlesi şöyledir:

> Everett'in göreli durumlar kavramının dışında, genel göreliliğin evreni gibi kapalı bir sistemi kuantize etmenin ne anlama geleceğini açıklayan istikrarlı hiçbir fikirler sistemi yoktur.

1957'de, böyle bir ifade, günümüzde bıraktığından daha az etki bırakmıştır. Elli yıl önce, Evren anlayışımız şu ankinden çok daha sınırlıydı; o kadar sınırlıydı ki hâlâ zamanda, Evrenin belli bir anda Büyük Patlama ile başladığını savunan kozmologlar ile hep Kararlı Halde var olduğunu savunanlar arasında tartışmalar sürmekteydi. 20. yüzyılın sonuyla 21. yüzyılın başında yapılmış en büyük bilimsel başarılardan biri Evrenin Büyük Patlamayla, hemen hemen kesin olarak 13,7 milyar yıl önce oluştuğu ve bu süreden beri genel görelilik kuramı tarafından belirtilen uzayzaman çizgisinde genişlediğini keşfetmekti. Kozmologlar etrafımızdaki Evreni daha iyi anladıkça, bu görüşü kuantum fiziğiyle bağdaştırmanın tek yolunun Birçok Dünya yorumu olduğu daha açıkça belli oluyor. Everett'in fikirlerinin şimdi her zamankinden daha saygıdeğer olmasının nedeni budur.

Everett Kabul Görüyor

Uzmanların ve daha sonra dolaylı olarak kamuoyunun, Everett'in çalışmasının farkına varmasını ilk sağlayan Bryce DeWitt'di. DeWitt bu çalışmayı daha en başından beri biliyordu ve Everett'le 1957'de iletişime geçmişti; aslında, bölünmeyi hissedememenin dünyanın hareketini hissedememeyle karşılaştırıldığı *Reviews of Modern Physics* makalesindeki not, bu iletişimden ortaya çıkmıştır. DeWitt, Everett'ten yaklaşık sekiz yaş büyüktü (8 Ocak 1923'te doğmuştu) ve Harvard'dan 1943'te mezun olmuştu. Savaş yüzünden, doktorasını (yine Harvard'da) 1949'da tamamladı ve Hindistan ve Avrupa'da (Fransız bir fizikçi Cecile Morette'le evlenmişti) kısa süreli bulunduktan sonra, kuantum kütleçekimi teorisi üzerine çalıştığı Chapel Hill'deki North Carolina Üniversitesi'ne yerleşti.

1968'de alanında kıdemli biri olarak DeWitt, bir fizikçi ve bilim filozofu olan, kuantum fiziği tarihi ve çeşitli yorumlamaları hakkında bir kitap yazmayı planlayan Max Jammer tarafından ziyaret edildi. DeWitt'in şaşkınlığı, Jammer'ın Everett'ten hiç haberi olmadığı ortaya çıkmasından ve 1957'de yazdığı makalesinin neredeyse tamamen unutulmuş olduğunu fark etmesinden kaynaklanıyordu. (Bunlar olurken, Jammer'ın önceki bir kitabının dipnot listesinde 1957 makalesine bir referans vardı; ama okumadığı makalelere referans veren ilk kişi o değildi.) Everett artık fizik üzerine çalışmadığı için DeWitt, durumu kendi başına idare etmeye karar verdi ve Birçok Dünya yorumu üzerine Eylül 1970'de *Physics Today*'de yayımlanan bir makale yazdı. Birçok fizikçinin (ben dahil) Everett'in çalışmasından haberdar olmasını sağlayan makale buydu. Bu makale, "iki taraflı gözlenemeyen eşit olarak gerçek dünyaların çokluluğuna ve sürekli olarak bölünen bir Evrene gönderme yapar", Schrödinger'in kedisini tartışır ve "evrenin her uzak köşesindeki her galaksideki her yıldızda oluşan kuantum değişiminin, dünyadaki yerel hayatımızın sayısız kopyasına bölüştürdüğü"nü detaylı olarak açıklar.

DeWitt şöyle söyler, "Birden çok dünya kavramıyla ilk karşılaştığımda şok yaşadım. Bir şeyin neredeyse kusursuz 10^{100} kadar kopyasının sürekli daha fazla kopyaya, eninde sonunda

tanınmaz hale gelen kopyalara bölünmesi fikrini genel geçer mantıkla bağdaştırmak kolay değil. İşte alabildiğine şizofreni." DeWitt, "Durum vektörü muazzam sayıda dalları olan bir ağaç gibidir" benzetmesini kullanır, ama "sonlu bir evrenin dalga fonksiyonu kendi içinde sadece sonlu sayıda dallar içermelidir" noktasını ortaya koyar. Everett'in, "DeWitt'in teorisini ifade edişini kesinlikle onayladığını" söylemesi kayıtlıdır (*bkz.* Shikhovtsev'in makalesi).

Bu fikirlerin birçoğu DeWitt'in öğrencisi Neill Graham tarafından doktora tezinde daha ayrıntılı bir şekilde işlendi ve DeWitt ile Graham birlikte *Kuantum Mekaniğinin Birçok Dünya Yorumu* isminde bir kitap hazırlayıp 1973'te yayımladılar. Kitap Everett'in tezinin uzun versiyonunu, Wheeler ile birlikte *Reviews of Modern Physics*'teki makalelerini ve *Physics Today*'deki makaleyi içeriyordu. "Birçok Dünya yorumu" terimini popüler hale getiren bu kitaptır ve önsözdeki açılış paragrafında editörler "birçok dünyadan oluşmuş bir gerçeklik... evrenin sürekli bölünmesini yansıtıyor" şeklinde yazmışlardı. 1974'de, Jammer'ın kitabı[10] Birçok Dünya yorumu hakkında önemli bir bölüm içererek ortaya çıktı. "Çoklu Evren Teorisi, şüphesiz bilim tarihinde oluşturulmuş en cesur ve iddialı teorilerden biridir" diye yazmıştı.

DeWitt ve Graham, Everett'i ve Birçok Dünya yorumunu fizikçilere duyurmuştur; Aralık 1976'da bilimkurgu dergisi *Analog*'un "Science Fact" köşesinde "Kuantum Fiziği ve Gerçeklik" başlığı altında bir makale yayımlandığında daha da uzağa duyurulmuştu. Alt başlıkta "Alternatif evrenler sadece bilimkurgu yazarları için bir oyun değil, kuantum fizikçilerinin kurtuluşu için de önemlidir!" yazıyordu ve yazarlar Michael Talbot ile Lloyd Biggle Jr, fikre anlaşılır bir açıklama getirmişlerdi.

Daha fazla insan (özellikle öğrenci) *Kuantum Mekaniğinin Birçok Dünya Yorumu*nu almak yerine *Analog* okuduğu için, bu Everett'in profilini en üst düzeye çıkardı. O günlerde hem DeWitt hem de Wheeler, Austin'deki Texas Üniversitesi'nde çalışıyorlardı ve 1977'de, bilinç probleminin ve bir bilgisayarın

10 *The Philosophy of Quantum Mechanics*, Wiley, New York.

bilinçli olup olamayacağının tartışıldığı bir toplantı düzenlemişlerdi. Everett davet edilip katılmıştı ve ağzına kadar dolu bir salonda konuşarak gösterinin yıldızı olmuştu. Kişisel yararına dört saatlik konuşma için "sigara içilmez" kuralı konferans salonunda askıya alındı. Everett sigarasız çalışamayan tam bir sigara tiryakisiydi.

Bu Everett'in son "sahneye çıkışı"ydı; ünlü bir bilim insanı olarak tek çıkışı da buydu; ama belki de Austin'e yaptığı bu yolculukta başına gelen en önemli olay Wheeler'ın öğrencilerinden biriyle; İngiltere'den David Deutsch'le tanışması olmuştu. Deutsch aynı zamanda DeWitt'in de öğrencisiydi ve kuantum fiziği denklemlerinin tanımladığı "evrenler"in doğasına derin bir ilgi duyuyordu. İkisi bir gün öğle yemeği sırasında konuyu dikkatlice tartıştılar. Deutsch, Everett'in "birçok evren" terimi hakkında oldukça hevesli olduğunu ve daha soyut, teknik bir terim olan "durum vektör"e bağlı olmadığını anımsamaktadır.

Deutsch Birçok Dünya fikrinin öncü destekçilerinden biri olma yolunda ilerledi. Günümüzde Oxford Üniversitesi'nde çalışmaktadır ve kısa bir süre önce kuantum dünyasının olasılıklı kurallarının Birçok Dünya yorumundan nasıl doğal olarak oluştuğunu, dallanmanın bize ölçümlerdeki olasılıklı sonuçların yanılsamasını verdiğini göstererek önemli bir buluşa imza attı.

Kuantum fiziğinin Everett versiyonunun hikâyesi mutlu bir sonla bitmiş olsa da, aynı şey Everett'in kendisi için söylenemez. Eski bir meslektaşı olan John Barry onu "zeki, hilekar ve güvenilmez"[11] olarak tanımlamıştır. Everett bilgisayarları seven, ama kendi ailesine neredeyse yabancı olan soğuk biriydi; sigara ve içkiyi fazla kaçırırdı (muhtemelen bir alkolikti) ve düzensiz besleniyordu. Onu dinleyen herkesle tıbbın kolesterolün tehlikeli olduğu konusunda hatalı olduğuna dair hararetli bir şekilde kavga edebilirdi, ama 19 Temmuz 1982'de, Everett 51 yaşında kalp krizinden öldüğünde son sözü tıp söyledi. *Reviews of Modern Physics*'teki makalenin yayımlanmasından bu yana neredeyse yirmi beş yıl geçmişti. 1996'da, Everett'in kızı Liz intihar etti ve 1998'de karısı Nancy muhtemelen Everett'in siga-

11 *Scientific American*, Aralık 2007, s. 78.

ra alışkanlığının pasif bir kurbanı olarak akciğer kanserinden öldü. Ailenin hayatta kalan üyesi, Hugh Everett'in oğlu Mark, şarkı yazarı ve Eels grubunun lideri olarak üne kavuştu; kasvetli müziği babalık işlevini yerine getiremeyen biriyle büyümenin nasıl olduğunu resmeder. Onlar adına her şeyin daha iyi olduğu başka evrenler ümit etmekten başka yapacak bir şeyimiz yok.

Bu da beni Birçok Dünya yorumunun insanların kabul edemeyeceği yanına getiriyor. Bu çok abartılı bir evren yorumu gibi gözüküyor! Oysa bu yorum, fizik ve matematik açısından tamamen anlamlı ve özellikle varsayımlar açısından tutarlıdır. Everett'in yaptığı tek varsayım denklemlerin doğruyu söylediğiydi. Ama DeWitt'in vurguladığı gibi, "Bir şeyin neredeyse 10^{100} kusursuz kopyasının sürekli daha fazla kopyaya, eninde sonunda tanınmaz hale gelen kopyalara bölünmesi fikrini, genel geçer mantıkla bağdaştırmak kolay değil."

Bununla yüzleşelim, *biz* insanoğlunun gerçekten ilgilendiği şey nasıl buraya geldiğimiz ve dünyamızın nereye gittiğidir. Burada olduğumuz gerçeğini açıklamak için sadece bir fiziksel dünyaya mı ihtiyacımız var? Eskiden insanların düşündüğü şey buydu. Ama son yirmi yıllık süreçte, bizim burada var olmamıza ve böyle soruları sormamıza neden olan Evrenimizle ilgili garip bir şey olduğu gerçeği gittikçe doğruluk kazandı. Everett'in konu üzerindeki orijinal varyasyonunun esası ne olursa olsun, bu Çoklu Evreni ciddi bir şekilde ele almamıza güçlü bir teşvik sağlıyor. Çoklu Evren fikrine sağlam bilimsel bir temel oluşturan kuantum fiziğidir; ama böyle bir fikrin gerekliliğini gösteren, öncelikle bir kozmik rastlantılar dizisinin varoluşudur.

2

KOZMİK RASTLANTILARA TEKRAR ZİYARET

Evrenimizi özel yapan şey nedir? 1989'da Martin Rees ve ben, *Cosmic Coincidences*[1] isimli kitabımızda Evrenimizi yaşam için uygun bir ev haline getiren doğa yasaları ile ilgili bir gariplik olduğunun kanıtını aradık. Şu an hem *Astronomer Royal* hem de *Royal Society*'nin başkanı olan Rees, bu fikirlerden bazılarını *Just Six Numbers* isimli kitabında geliştirdi. Bu bölümde, ben sadece bu kozmik rastlantıların kısa bir özetini vereceğim. Aslında altıdan fazladırlar; ama Rees'in seçimi istenileni anlatmak için yeterlidir. Her şeyin ötesinde, Çoklu Evren fikrinin, ciddi bir şekilde ele alınmasının altını çizen bu rastlantılardır.

Bu kozmik rastlantıların araştırılması bazen "Antropik* Kozmoloji" olarak anılır; çünkü varoluşumuz, rastlantıların varoluşuna dayanır. İnsanoğlu hakkında özel bir şey olduğunu ima ettiği için talihsiz bir isim seçimidir. Asıl önemli olan, rastlantıların yaşamın Evreninde varoluş için ya da daha özel ola-

1 Daha sonra *The Stuff of the Universe* olarak basılan.

* İnsancı, insan merkezli -yn.

rak, bildiğimiz yaşam için gerekli olduğudur. Terim teorisyen Brandon Carter tarafından 1973'te, Nicolaus Copernicus'un 500. doğum gününde bir konferans için hazırladığı sunumunda kondu ve 1974'te yayımlanan konferansın notlarında yer aldı. Bu durum, sonradan pişman olan Carter'ın terminoloji seçimini açıklar. Copernicus devrimi insanoğlunu Evrenin merkezinden çıkarmıştı ve Carter varlığımızın Evrenin merkezinde olmasa bile bir anlamda ayrıcalıklı olduğunu belirtiyordu. Terim 1979'da *Nature* dergisinde, Bernard Carr ve Martin Rees'in o zaman bilinen tüm ilintili rastlantıların bir özetini çıkardıkları bir makalede popülerleşti. Ama şimdi "antropik düşünme" diye bilinen şeyin en iyi ve en kolay anlaşılan iki örneği, bu terim konulmadan çok daha önceleri, biri İngiliz teorisyen Fred Hoyle ve diğeri Amerikan Robert Dicke tarafından olmak üzere ortaya konmuştu.

Karbon Rastlantısı

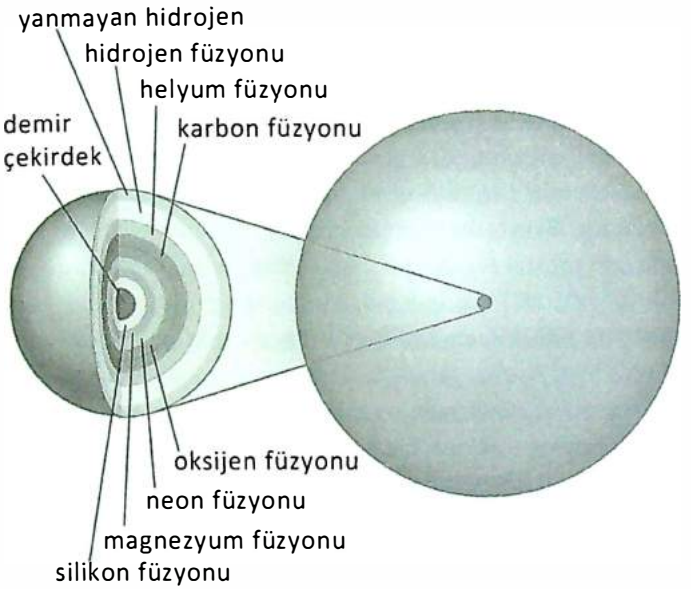
Bu rastlantılar, ancak 20. yüzyılın ikinci yarısında, Evrenin modern anlayışının gelişmesiyle görünür duruma gelmiştir. Anladığımız kadarıyla, etrafımızda gördüğümüz Evrenin sıcak, yoğun bir ateş topu olarak başladığına dair bolca kanıtımız var. Bu olay popüler olarak Büyük Patlama olarak bilinmektedir ve Evren yaklaşık 13,7 milyar yıl önce oluşmuştur. O zamandan beri, Evren genişleyip soğumaktadır; ama genişleyen Evren içerisinde gaz bulutları kütleçekimiyle bir araya gelip yıldız ve galaksileri oluşturmuştur. Yıldızları ve galaksileri, gezegenler ve insanları da oluşturan malzeme kara madde denizinin içindedir. Sadece kütleçekimi sayesinde saptanabilir ve bu sayede şeyleri bir arada tutar. Kara madde ve Evren hakkında ayrıntılı olarak daha fazla şey söylemeliyim; ancak bu iki rastlantıyla ilişkili değildir. Aslında, bu rastlantılara ilgi gösterdiklerinde ne Hoyle ne de Dicke'in kara maddenin varlığından haberi vardı.

Biz atomlardan meydana geliriz ve atomların kendileri de protonlardan, nötronlardan (göreceli olarak bir atomun çekirdeğinde bulunan ağır parçacıklar) ve elektronlardan (bu bağlamda atomun dış bölümlerinde bulunan göreceli olarak hafif

"parçacıklar") oluşur. Kara maddeden ayırt edilebilmesi için, bu tür bir madde baryonik madde olarak anılır. Büyük Patlamadan arda kalan ışınımın gözlemleri (kozmik ardalan ışıması) ve teorik hesaplamaların karşılaştırılmasından biliyoruz ki, Büyük Patlamadan ortaya çıkan baryonik madde neredeyse tamamen en basit iki atomik element olan hidrojen ve helyumdan meydana geliyordu. Baryonik maddenin yaklaşık yüzde 75'i her atomun tek bir proton ve tek bir elektrondan oluştuğu hidrojen yapısında; yüzde 25'i ise her çekirdekte iki proton ve iki nötron olan ve dış bölümlerinde iki elektronun bulunduğu helyum yapısındaydı. Bu, Evren gençken doğmuş olan, en yaşlı yıldızlardan gelen ışığın spektrum analiziyle doğrulanmaktadır. Diğer tüm elementler nükleer füzyon işlemiyle yıldızların içinde üretilmiş ve yıldız yaşlanıp öldükçe sonraki nesil yıldızlara ve nihayetinde Dünya gibi gezegenlere hammadde oluşturmak için uzaya doğru yayılmışlardır. Bu yavaş bir işlemdir. Bugün bile bu ağır elementler; hidrojen ve helyum dışındaki her şey, Evrendeki baryonik maddenin toplam miktarının yüzde 2'sinden azını oluşturmaktadır, ki bu gezegenlerin ve insanların varoluşuna izin veren bu ağır elementlerin oranıdır. Ama güneş sistemimizdeki kütlenin çoğu, yine çoğunlukla hidrojen ve helyum yapısındadır.

Kimyasal elementlerin özellikle dördü yaşam için önemlidir. Bunlar hidrojenin kendisi, karbon, oksijen ile nitrojendir ve bunlardan karbon ve oksijen, Hoyle'un antropik anlayışıyla ilişkilidir.

Yıldızlarda ağır elementlerin oluşmasının en genel yolu, helyum çekirdeğinin bir başkasıyla, adım adım, giderek daha büyük bir çekirdek oluşturmak için birleşmesidir. Örnek olarak bir karbonun çekirdeği altı proton ve altı nötron içerir ve esasında toplamında üç helyum çekirdeğidir; oksijen çekirdeği sekiz proton ve sekiz elektron içerir ve esasında dört helyum çekirdeğidir veya daha önemlisi, her oksijen çekirdeği bir helyum çekirdeği eklenmiş karbon çekirdeğidir. Diğer işlemler, bu şekilde yapılmış ağır çekirdekleri helyum çekirdeğinden yapılmamış elementlerin çekirdeğine çevirir; ama bu detaylar burada önemli değildir. Önemli olan işlemin daha başlangıcında bir tıkanma noktasına geldiğidir.



Büyük kütleli bir yıldızın içe doğru daha ağır elementler ürettiği tabakaları gösteren şema.

Nihayetinde karbon nereden gelmektedir? Merdivenin alt basamağında sıradaki element olan dört proton ve dört nötronlu berilyumun çekirdeğine helyum çekirdeği eklenerek oluştuğunu düşünebilirsiniz; ama iki helyumu bir araya getirerek oluşturduğunuz berilyumun çekirdeği son derece kararsızdır ve oluştuğu an hemen parçalarına ayrılır. İki helyum çekirdeği bir yıldız içinde birbirine çarpar ve birleşirse, üçüncü helyum çekirdeğinin berilyum çekirdeğiyle çarpışması için zamanı olabilir; ama 1950'lerin başlarında bu üç helyum çekirdeğinin bir karbon çekirdeği oluşturmak için birleşmesinden çok, kararsız çekirdeği parçalarına ayırmasına yol açacağı anlaşıldı. Karbon olmasaydı, oksijen ve diğer hiçbir ağır element olmazdı. Yaşam, özellikle de bizim gibi karbon tabanlı yaşam formları olmazdı. Fred Hoyle, var olduğumuza göre bu nükleer füzyon çıkmazından bir yol olması gerektiğini düşündü. 1954'te, helyumdan karbona uzanan mümkün bir yol buldu. Bu karbon çekirdeğinin uyarılmış durum denen bir durumda, berilyum çekirdeği

ile helyum çekirdeğinin toplam enerjisiyle rezonans yapan bir enerjiyle var olabileceği ihtimaline dayanıyordu. Bu rezonansın herhangi bir değerde ortaya çıkması için varoluşumuz dışında hiçbir sebep yoktu. Karbon Evrenimizde vardır, der Hoyle, öyleyse çekirdek de tam bu şekilde rezonans yapmalıdır.

Bu rezonans, tek bir gitar telinde farklı notaların çalınabileceği örneğine benzer biraz. Temelde, telin temel notası en düşük notayı oluşturur; ama aynı zamanda telde armoniler çalmak mümkündür. Tıpkı tek bir gitar telinin sadece temel armonileri çalabileceği ve mümkün olan tüm notaları çalamayacağı gibi, çekirdek de her miktardaki enerjide var olamaz; ama belki de bir gamma ışını çarpmasıyla, enerjiyi soğurabilir ve fazladan enerjisini atıp eski en düşük seviyesine, ki böyle bir duruma taban durumunda denilir, düşmeden önce kısa bir süreliğine uyarılmış hale gelir. Tıpkı armoni gibi, bu sadece mümkün uyarılmış durumlara zıplamayı yapacak doğru miktarda enerji varsa gerçekleşir. Benzer olarak, bir gitar bir amfiye doğru sola eğilimli ise ve birisi amfiden yüksek seste bir nota çalarsa ve notanın dalga boyu doğruysa bir veya daha fazla gitar teli notayla uyumlu olarak titreşir, rezonans yapar.

Fizikçiler enerjiyi elektron Volt (eV) veya milyon elektron Volt (MeV) biriminden ölçer. 1954'de, berilyum çekirdeği ile helyum çekirdeğinin enerjilerinin toplamının 7,3667 MeV olduğunu biliyorlardı. Hoyle karbonun bundan biraz daha yüksek olan uyarılmış enerji seviyesi olması gerektiğini, böylece gelen helyum çekirdeğinin kinetik enerjisi toplam enerjiyi rezonans yapmak için yükseltebileceğini söylemiştir. Eğer böyle yaparsa, helyum çekirdeği kararsız berilyum çekirdeğini parçalarına ayırmak yerine, uyarılmış bir karbon çekirdeği oluşturur ve o da daha sonra fazladan enerjisini normal yolla ışıyarak yollar ve taban durumuna yerleşir.

Hoyle bundan deneysel fizikçilere bahsettiğinde neredeyse suratına güldüler. Var olduğumuz varsayımından yola çıkıp bir atomik çekirdeğin özelliklerini tahmin etme ve böylece çekirdeğin gerekli özelliğe sahip olması gerektiği fikri onlara gülünç geldi. Yine de onları karbon çekirdeği üzerinde gerekli deneyleri yapmaları için ikna etti ve yaptıklarında rezonansı oluşturmak

için tam olarak helyum/berilyum birleşimi olan enerjinin biraz üzerinde bir miktar olan 7,6549 MeV seviyesinde uyarılmış bir enerji seviyesi buldular. Müzikal benzetmeyi genişletirsek, daha sonraki hesaplamalar gösterdi ki, nükleer etkileşim rezonansının oluşması için yüzde 0,5'lik bir doğrulukta "akortlu" olmalıdır.

Hepsi bu değil. Bahsettiğim gibi, oksijen çekirdeği yıldızlar içinde karbon çekirdeğine helyum çekirdeği eklenerek oluşur, çünkü karbon çekirdeği kararlıdır ve yıldızlar içinde uzun bir süre öyle kalır. Eğer bu işlem aynı şekilde rezonansa girerse, tüm karbon hızlı bir şekilde oksijene dönüştürülür. Rastlantıyla, karbon çekirdeği ile helyum çekirdeğinin birleşmiş enerjisi 7,1616 MeV'dir. Bir oksijen çekirdeği 7,1187 MeV'de uyarılmış enerji seviyesine sahiptir ve bu rakam rezonansın oluşması için çok düşük bir rakamdır. Gelen helyumun kinetik enerjisini de eklediğinizde, fark biraz daha büyük olur. Bu durumda, çok küçük bir olasılık dışında rezonans gerçekleşemez.

Bu olağanüstü bir rastlantı çiftidir. Eğer uyarılmış karbon enerji seviyesi biraz daha düşük olsaydı, Evrende kimse üretmediği için karbon olmayacaktı. Eğer oksijen enerji seviyesi biraz daha yüksek olsaydı, hepsi oksijene çevrileceği için Evrende hiç karbon olmayacaktı. İki türlü de, bizim gibi karbon tabanlı yaşam formları var olmayacaktı. Hoyle'un kendi kelimeleriyle:

> Bir bakış açısı, hepsi olmasa bile sorudaki sayıların bazılarının dalgalanmalar olduğudur; evrenin başka yerlerinde değerleri değişik olabilir. Benim bu görüşü desteklemem için eğilimim... C^{12} ve O^{16}'nın gizemli yerleşiminin artık şaşırtıcı tesadüflerin oluşumuyla ilgili olmaması. Basitçe, bizim gibi yaratıklar karbon ve oksijen arasındaki dengeye bağlı olduğu için, evrenin sadece bu seviyelerin düzgünce konulduğu belli bölümlerinde var olabiliriz.[2]

Ama Hoyle tarafından önerilmiş tek bakış açısı bu değildir. Aynı zamanda farklı bir perspektiften "sanki fizik kuralları yıldızlar içindeki süreçlere uygun olarak özellikle tasarlanmıştır" demiştir ve Evren "ona tertiplenmiş bir komplo" gibi gelmiştir. Karbon ve oksijen çekirdeğindeki enerji seviyelerini açıklamak için bir

2 *Galaxies, Nuclei, and Quasars.* Bunun üzerinde yapacağım tek değişiklik 'Evren kelimesini 'çoklu Evren kelimesiyle değiştirmek olurdu.

Tasarımcıya başvurmak 1965'te birçok fizikçi için biraz aşırı gelmiştir; ama, yedinci bölümde tartışacağım üzere, bugün daha az öyle gelmektedir.

Evren Neden Bu Kadar Büyük?

Ağır elementlerin yıldızların içerisinde üretildiğini bildikten sonra, Dicke'in rastlantısını anlamak Hoyle'un rastlantısını anlamaktan daha kolaydır, ama daha az etkileyici değildir. Aslında "rastlantı" muhtemelen yanlış kelimedir; Dick'in ortaya attığı ve 1961'de yayımladığı şey, Evrenin neden bu kadar büyük ve yaşlı olduğunun varoluşumuz gerçeği üzerine dayandırılmış bir açıklamasıdır.

Evren 13,7 milyar yıldır vardır ve ışığın bir yılda katedebileceği mesafe bir ışık yılıdır, öyleyse prensip itibariyle uzayda herhangi bir yönde görebileceğimiz en uzak mesafe 13,7 milyar ışık yılı uzaklıktadır. Bu ufkun ötesinde Evrenin daha fazla, belki de sonsuz sayıda bölgeleri olabilir, ama biz bunu göremeyiz; çünkü bu bölgelerdeki ışığın bize ulaşması için yeterli zamanı olmamıştır. Bu tartışmanın yararına, bu uzaklığı yaklaşık 10 milyar yıla yuvarlayabiliriz. Geçmişte bu kozmik ufuk bize daha yakındı; gelecekte ise daha uzak olacak. Öyleyse neden biz görünen Evrenin ne kadar büyük olduğunu fark etmek için, tam da gelişiminin şimdiki aşamasında burada olmalıyız?

Bunu şu "er ya da geç evrimleşmiş olabiliriz" düşüncelerinden biri sanabilirsiniz. Ama karbon gibi ağır elementleri oluşturan yıldızların yaşam döngülerini geçirmeleri ve öldüklerinde ağır elementleri uzaya yaymaları birkaç milyar yıl alır. Öyleyse eski nesil yıldızların birinin (veya daha fazlasının) yörüngesinde dönen bir gezegende bir zekânın gelişmesi birkaç milyar yıl daha alır. Kabaca konuşmak gerekirse, Evrende bizim gibi yaşam formlarının oluşup etrafındakileri fark etmesi yaklaşık 10 milyar yıl alır.

İleriye bakacak olursak, uzak gelecekte yıldızlar sönecek ve etrafta yaşam içeren gezegenler olmayacak. Aslında Evrende olabileceğimiz neredeyse en erken zamandayız. İlk bakışta kozmik büyüklükteki şeylerin yanında insanoğlunun önemsizliğini gösteren görünür Evrenin büyüklüğü, aslında varoluşumuzun temel bir gereksinimidir.

Nükleer Verimlilik

Martin Rees tarafından gösterilen rastlantılar, yaşam ve Evren arasındaki yakın ilişkinin bu basit örneğinden daha tekniktir; ama Evrenin ne kadar garip olduğunu belirtmek için detayına inerek ele almaya değerdirler. Bu özel rakamların ilki Hoyle'un antropik görüşüyle yakından ilgilidir ve Einstein'ın meşhur denklemi $E=mc^2$ doğrultusunda, maddenin enerjiye dönüşümündeki nükleer işlemlerin verimliliğiyle alakalıdır.

Şeylerin mümkün olan en düşük enerji seviyesini bulmak gibi doğal bir eğilimi vardır. Bunun en bilinen örneği suyun aşağı doğru akmasıdır. Bir şey kütleçekim alanında ne kadar yukarıdaysa, enerjisi o kadar fazladır. Bir şeyi yukarı kaldırmak istediğinizde, kaldırma işlemi için harcadığınız iş nesnenin kütleçekimsel potansiyel enerjisine dönüşür. Nesne düştüğünde veya bırakıldığında veya su aşağı doğru aktığında, kütleçekimsel enerji serbest kalır ve hareket enerjisine, yani kinetik enerjiye dönüşür. Hafif çekirdekler ağır çekirdekler oluşturmak için füzyon yaparlar; çünkü daha ağır bir çekirdekte her parçacığın (her proton ve nötronun) daha az enerjisi vardır.

Protonlar ve nötronlar nükleon olarak bilinirler ve helyumdaki her nükleonun hidrojendekilere göre daha az enerjisi vardır. Karbonla helyum, oksijenle karbon ve demire kadar elementler karşılaştırıldığında da durum böyledir. Ancak kendilerinin pozitif elektrik yükü sebebiyle oluşan karşılıklı geri itmeyi yenebilirlerse, çekirdekler birbirine yapışır ve bu süreçte enerji açığa çıkartırlar. Pozitif yüklerine rağmen onları birlikte tutan şey, elektriksel kuvvetten daha büyük; ama çok kısa bir erimi olan yeğin nükleer kuvvet diye bilinen bir kuvvettir; dolayısıyla çekirdekler sadece birbirlerine çok yaklaştıklarında füzyon yaparak bu yıldızların içindeki son derece yoğun ve yüksek sıcaklık şartları altında gerçekleşir. Ama birbirlerine yaklaştıklarında, birbirlerini çok sıkı bir şekilde tutarlar.

Demirden ağır çekirdekler için bu durum geçerli değildir. Onların nükleonlarında demire göre daha fazla enerji vardır ve bu elementler sadece süpernova denilen büyük yıldız patlamalarında çekirdeklere enerji sıkıştırılması sayesinde oluşabilir-

ler. Bu yüzden bu tür ağır elementler oksijen ve demir gibi elementlere oranla daha nadirdir; ancak bu hafif çekirdeklere ne olduğunu etkilemez.

Aslında en çok enerji, zincirin ilk adımında serbest kalır. Helyumun birçoğunun Büyük Patlamada oluşmasına rağmen, daha fazlası bugün Güneş gibi yıldızlarda çok basamaklı bir süreçte hidrojenlerin birleşmesiyle helyum çekirdeği oluşturulması sonucu üretilmektedir. Hidrojen çekirdekleri sadece tek protonlardır ve bazıları bu süreçte nötrona dönüşmelidir; ama her iki proton ve iki nötrondan helyum çekirdeği yapıldığında, ortaya çıkan helyum çekirdeğinin kütlesi iki proton ve iki nötronun kendi ağırlıkları toplamının yüzde 99,3'üdür. Kütlenin diğer yüzde 0,7'si Güneş ve benzer yıldızları parlatan enerjiye dönüştürülür. Sürecin "nükleer verimlilik" diye adlandırabileceğimiz katsayısı 0,007'dir. Yıldızlar içinde kütlenin enerjiye çevrilmesi düşünüldüğünde, bu en önemli aşamadır. Demirin üretilmesini içeren ve buraya kadar olan tüm süreçler sadece kütlenin diğer yüzde 10'luk kısmını enerjiye çevirir. Dolayısıyla zincirdeki ilk basamağın verimliliği bir yıldızın ne kadar yaşayacağını tayin etmede en önemli faktördür; tüm hidrojen tüketildiğinde, diğer füzyon süreçleri yıldızın uzun süre parlamasını sağlayamaz.

Daha da önemlisi, zincirdeki ilk basamağın verimliliği, 0,007 katsayısı, aynı zamanda çekirdekleri birbirine bağlayan yeğin kuvvetin gücüyle de bağlantılıdır. Bu 0,007 sayısı, biraz daha yüksek veya biraz daha düşük yüzdeli olsaydı, yeğin kuvvet üzerindeki etki, kısa ömürlü berilyum çekirdeği helyum tarafından vurulduğunda, karbonun oluşmasını sağlayan rezonansı yok ederdi. Bu rakam aynı zamanda helyumun yapılışını da etkiler. Bahsettiğim gibi, bu çok basamaklı bir süreçtir. İlk basamak, döteryum veya "ağır hidrojen" olarak bilinen, yeğin kuvvet sayesinde birbirine bağlanmış, tek bir proton ve tek bir nötron içeren bir çekirdeğin oluşmasını kapsar. Nükleer verimliliğin daha küçük bir değeri daha güçsüz bir yeğin kuvvete karşılık gelir. Nükleer verimlilik sadece 0,006 olsaydı, yeğin kuvvet tek protonları tek nötronlara bağlamak için çok zayıf olacaktı ve Evrende diğer ağır elementlerin oluşmasına imkân veren ne döteryum ne de helyum olacaktı.

Başka bir açıdan, nükleer verimlilik 0,008 kadar büyük olsaydı, yeğin kuvvet o kadar büyük olurdu ki, hiç nötron olmadan tuhaf bir helyum oluşturmak için iki proton bile birbiriyle birleşebilirdi. Tüm hidrojen, Büyük Patlamada bu tuhaf tipteki helyuma dönüşebilirdi. Bunun etkileri karışıktır, ama bu Güneş gibi yıldızların olamayacağı anlamına gelebilirdi, çünkü benim anlattığım şekilde helyuma dönüştürülecek hiçbir hidrojen olmazdı. Var olmuş tüm yıldızlar Evrenimizdeki yıldızlardan çok daha çabuk sönmüş olabilirdi, belki de bu yıldızların yörüngelerinde dönen gezegenlerde zeki yaşamın evrimleşmesine zaman tanınmayabilirdi. Her şıkta, bildiğimiz gibi yaşamın temel gereksinimlerinden biri olan su olmayacaktı.

Böyle varsayımlı bir Evrende var olan elementlerin gerçek birleşimi nükleer verimliliğin kesin değerine dayalı olurdu; ama Rees'in özetlediği gibi, "bu rakam 0,007 değil de, 0,006 veya 0,008 olsaydı, hiçbir karbon bazlı biyosfer var olamazdı." Bu sadece bir kozmik sayı; varoluşumuzu sağlayan eşit derecede iyi ayarlanmış daha birçok kozmik sayı vardır.

Kütleçekimin İnanılmaz Hafifliği

Yeğin kuvvet, mantığa uygun biçimde, maddesel şeylere etkiyen en büyük kuvvettir. Zayıf kuvvet diye bilinen, sadece çekirdek ve parçacıklar ölçeğinde işleyen bir kuvvet daha vardır; ayrıca günlük yaşantımızda aşina olduğumuz, elektromanyetizma ve kütleçekim olmak üzere iki kuvvet daha vardır. Günlük yaşantımızda karşılaştığımız en belirgin kuvvet olmasına rağmen, kütleçekim bu dördü içinde en zayıf olanıdır. Bunun bizim için bu kadar önemli olmasının sebebi, ağırlığımızın yaklaşık altı milyon milyar kere milyar kilogram kütlenin beraber hareket ettiği Dünya'nın tamamının çekiminden kaynaklanıyor olmasıdır. Üslü gösterimi kullanmak bu tür büyük sayıları ifade etmede daha kolaylık sağlar; bu durumda 6×10^{24} kg yazarız ve bu da 6'yı 24 adet sıfırın takip ettiğini gösterir. Hissettiğimiz ağırlıkla bizi dünyanın yüzeyinde tutmak için bu kütlenin tümünün kütleçekimsel çekimi gerekir.

Kütleçekimin büyüklüğüyle elektromanyetik kuvvetin ya da elektromanyetiğin bir yönü olan elektrik kuvvetinin büyüklüğü karşılaştırılarak bir bakış açısı getirilebilir. Her iki kuvvet de ters kare yasasına uyar, yani iki nesne arasındaki kuvvet, 1 sayısının iki nesne arasındaki uzaklığın karesine bölümüyle orantılı olarak azalır, dolayısıyla aynı tür şeyleri karşılaştırmaktayız. Aralarındaki uzaklık ne olursa olsun, iki protonun arasındaki elektrik kuvvetinin itmesi, aynı iki atom arasında kütleçekimsel çekme gücünden 10'un 36. kuvveti kadar (10^{36}) büyüktür.

Nükleer ve atomik ölçekte, kütleçekim tamamen önemsizdir ve moleküller, atomlar arası kütleçekimsel etkileşimden kaynaklanan herhangi bir engel olmadan bir arada dururlar. Bu elektrik kuvvetleri elbette sadece bir itme değil, elektronlar ile çekirdekleri atomların içinde tutan ve atomların molekül oluşturmasını sağlayan bir çekim oluşturabilirler. Bir elmayı sapından ağaca bağlayan, birkaç atom arasında işleyen (Dünya'daki tüm atomlarla karşılaştırıldığında birkaç adettir), Dünya'daki tüm atomların bir araya gelmesiyle oluşturdukları kütleçekimsel kuvvete karşı koyan elektrik kuvvetleridir. Bu seviyede şeyleri bir arada tutmaya çalışan elektrik kuvvetlerle, şeyleri ayırmaya çalışan kütleçekim arasında bir rekabet vardır. Elma yeterince ağır olduğunda ve düştüğünde, tam olarak bütün gücünü tek bir elma üzerine uygulayarak, Dünya'nın kütleçekimi özel savaşı kazanır.

Bu sadece kütleçekimin elektrik kuvvetiyle önemli bir şekilde ayrılmasından dolayı yaşanır. Elektrik yükü birbirlerini etkisiz hale getiren pozitif veya negatif şekilde iki değişkenlidir. Bir atom üzerindeki veya Dünya üzerindeki toplam elektrik yükü sıfırdır. Ama kütleçekim sürekli üst üste eklenir; bir nesnedeki daha fazla atom daha büyük bir kütleçekimsel çekim oluşturur. Ay büyüklüğünde bir nesne veya bir gezegen ele aldığınızda, kendi kütleçekimi tüm maddeyi küresel bir şekle getirmek için yeteri kadar büyüktür, ama tek atomlar aynılıklarını kürenin içinde korurlar; Güneş büyüklüğünde bir nesne ele aldığınızda, kendi kütleçekimi kürenin merkezinde atomları parçalayacak ve çekirdekleri yeterince yaklaştırıp füzyon oluşmasını sağlayacak kadar kuvvetlidir. Bir yıldızın büyüklüğünü ya da nükleer ya-

kıtını ne kadar sürede yakacağını belirleyen şey kütleçekimin kuvvetidir (ya da zayıflığıdır).

10'un kuvvetleri cinsinden (üslü gösterim), biz insanlar hemen hemen bir atom ve bir yıldız arasındaki bir kütleye sahibiz. Güneş'in kütlesi yaklaşık rakamlarla, 2×10^{30} kg'dır. Karbon gibi bir atomun kabaca kütlesi 10^{-26} kg'dır, burada üsteki eksi işareti sayının ondalık virgülünü 25 adet sıfırın ve daha sonra birin takip ettiğini gösterir. Kabaca yetişkin bir insanın kütlesi 100 kg veya 10^2 kg'dır. Bu demektir ki, bir kişi bir atomdan 10^{28} defa daha ağırdır ve bir yıldız bir kişiden 10^{28} defa daha ağırdır. Güneş'in kütlesine ulaşmak için, vücudumuzdaki atom sayısı kadar insan gerekir.

Kendi içinde, bu bir rastlantı değildir. İnsanlar Evrende bilinen en karmaşık şeylerdir, çünkü biz birbirlerine karmaşık yollarla bağlanan çok büyük sayıda (kabaca 10^{28}) atomdan meydana gelmekteyiz. Her birimiz, tek bir yaşam sistemi içinde beraber işleyen yüz bin milyar hücreden meydana gelmektedir. Samanyolu galaksisinde bulunan parlak yıldızların sayısının yüz katı kadar vücudunuzda hücre bulunmaktadır. Atomlar basit şeylerdir, moleküller daha karışıktır, hücre ve insanlar ise daha da karışıktır. Ama bir yıldızda, her şey tekrar basitleşir. 10^{28} insanı alıp tek bir yere koyarsanız, inanılmaz karmaşık bir canlı sistemi elde etmezsiniz. Her şey, merkezindeki atomik çekirdeklerden daha karmaşık olmayan Güneş gibi bir yıldız oluşturmak üzere kütleçekimden dolayı parçalanır ve tüm karmaşık yapı yok olur.

Karmaşık yaratıklar olduğumuz gibi, bizler aynı zamanda Dünya yüzeyinde olup yaşayabilecek aktif bir hayvanın ne kadar büyük olabileceği limitine de yakınızdır. Şeyleri bir arada tutmaya çalışan elektrik kuvvetler ile şeyleri ayırmaya eğilimli kütleçekimsel kuvvetlerin arasındaki çekişme yüzünden, daha küçük bedenler bir düşme yaşarsa daha kolay hayatta kalırlar, bir çocuk bile tekrar eden yuvarlanmalardan yaralanmamış şekilde çıkabilir. Ama büyük bir hayvan, bir ağaç veya bir kayalıktan aynı şekilde düştüğünde, kol veya bacakları kırılabilir. Bir insanoğlundan daha büyük olup Dünya'da yaşamak için, bir fil gibi sağlam, ağır ve hantal olmanız veya bir balina gibi suyun

destek sağladığı bir denizde yaşamanız gerekir. Kabaca konuşmak gerekirse temel kural, bir bedenin hacminin (ya da kütlesinin) doğrusal uzunluğunun (boyunun) kübüyle orantılı, ancak kemiklerinin gücünün sadece yatay kesitiyle orantılı olduğudur ki o da, doğrusal uzunluğunun karesine bağlıdır. Kütlenin hacimle ve bir bedeni (veya ağırlığı) çeken kütleçekiminin onun kütlesiyle orantılı olduğu için, bedenler büyüdükçe, düşme sürecindeki kuvvetler düşmeye karşı koymak isteyen kemiklerin yeterliliğinden fazlasına yükselir. Galileo bunu 17. yüzyılda anlamıştı ve şunları yazmıştı:

> Doğa ağaçları ölçülemeyecek boyutlarda yapamazdı; çünkü dalları ağırlıklarından dolayı nihayetinde düşmek zorunda kalırdı ve aynı şekilde insanlar, atlar ve diğer hayvanlar için çok büyük ağırlıklara yükseldiklerinde işlevlerini aynı oranda devam ettirip var olabilecekleri iskeletler tasarlamak imkânsızdır.

Tüm bunlar eski bir özdeyişte özetlenmiştir, "Daha çok büyüyenler, daha kötü düşerler."

Bu kütleçekimin görünürdeki inanılmaz zayıflığına başka bir bakış açısı getirir. Kütleçekimin milyon kere büyük, yine de elektrik kuvvetinden 10^{30} kat daha zayıf kalacağı durumunu varsayın. Bu atomik ve moleküler süreçlerde etkili olması için yeterli olmazdı, dolayısıyla atom ve moleküller, özellikle kimya, ölçeğindeki her şey şu Evrende olduğu gibi işlerdi. Ama ters kare yasası ve hacim kuralı arasındaki değişim yüzünden, bir yıldız oluşturmak için gereken madde miktarı Evrenimizdekinden milyar kat daha az olurdu (milyonun karekökünün kübü olarak bir milyar) ve gezegenler buna karşılık daha küçük olurlardı. Böyle bir gezegenin yüzeyinde yaşayan herhangi bir canlı düştüğünde parçalanmamak için çok küçük olmalıdır. Bizim kadar büyük ve bizimle aynı karmaşıklıkta herhangi bir şey olamazdı.

Hepsinden önemlisi, bu yüksek kütleçekimli evren kendi Büyük Patlamasından sonra genişlediğinde, kütleçekim galaksileri meydana getirmek için madde bulutlarını çekmekte çok daha etkili olurdu ve bu galaksiler, içinde birbirine çok yakın olup sürekli çarpışma yaşayacak olan yıldızlarıyla çok daha küçük olurdu. Bu yıldızlar Evrenimizdeki Güneş benzeri yıldızlar gibi

yaklaşık 10 milyar yıl yaşamak yerine, tüm yakıtını tüketmeden önce sadece yaklaşık 10 bin yıl yaşayabilirlerdi. Böyle bir evrende kimya bizim Evrenimizden çok farklı olmayacağı için, neredeyse evrimin başlaması için bile zaman olmazdı. Kütleçekim var olmamız için olabildiği kadar zayıf *olmalıdır*. Gerçekten kozmik bir rastlantı!

Kozmolojinin Rastlantı Sabiti

Bir diğer gerçek kozmik rastlantı, Evrenin ne oranda genişlediğini içerir. Genel görelilik teorisinin denklemleri kütleçekim, madde, uzay ve zaman arasındaki ilişkiyi ifade eder. Bu, denklemlerin genişleyen Evrenin kesin bir açıklamasını içerdiği anlamına gelir. Bu denklemler önceden aşina olduğumuz ve Yunanca bir harf olan lambda (Λ) şeklinde yazılan kozmolojik sabite yer ayırır. Yakın zamana kadar, bu sabitin sıfır olabileceği sanıldı. Lambda terimi olmadan denklemler, Büyük Patlamayla başlayan Evrenin önce hızlıca genişlediğini ve daha sonra zaman geçtikçe yavaşladığını ve kütleçekimin genişlemeyi durdurduğunu ifade eder, tıpkı havaya atılan bir topun hızla ilerleyip daha sonra kütleçekim ona etkidikçe yavaşlaması gibi. Ama 1990'ların sonlarında, uzak galaksilerin gözlemleri gösterdi ki, göreceli olarak yakın zamanda (Evrenin yaşıyla karşılaştırıldığında) genişleme hızlanmaya başladı. Bunu en basit ve doğal yoldan açıklamanın yolu, lambdanın gerçekten sıfır olmayan; ama çok küçük bir kozmolojik sabit olduğudur.

Kütleçekim, uzay, zaman ve maddenin davranışını tanımlayan denklemler dahilinde kozmolojik sabit tıpkı sıkıştırılmış bir yayın esnekliği gibi uzayın bir çeşit esnekliğinin; uzayın genişlemesini sağlayan uzay boşluğuna ait bir enerjinin ölçümüdür. Bu enerji bazen Λ alanı olarak adlandırılır. Kozmologlar Evrenin doğuşunda da, Evrenin genişlemesine yol açan çok daha güçlü, ama kısa ömürlü ve dışa doğru itici benzer bir şeyin var olduğuna inanıyorlar. Fark kozmolojik sabitin çok küçük ve Büyük Patlamadan bu yana uzayın her santimetre kübünde aynı olduğunun gözükmesidir.

Evren genç ve madde yüksek yoğunlukta bir arada dururken, kütleçekimin kuvveti boş uzayın esnekliğini yendi ve Evrenin genişlemesi neredeyse tamamen Einstein'ın sabit içermeyen denklemlerinin tanımladığı gibi ilerledi. Ancak maddenin yoğunluğu Evren genişledikçe azaldı; her santimetre kübe etkiyen çekim gücü zaman geçtikçe azaldı. Sonunda, Evrenin genişlemesini yavaşlatmaya çalışan kütleçekimin Evrenin genişlemesini hızlandırmaya çalışan kozmolojik sabitle ilişkili kuvvetten küçük olduğu bir noktaya gelindi. Bu birkaç milyar yıl önce oldu ve tam olarak ne zaman olduğunu anlayabilmek için daha fazla gözlem gerekiyor.

Tüm enerjiler gibi, Λ alanı kendisiyle ilişkili bir kütleye sahiptir. Evrenin genişlemesiyle ilgili gözlemlerden, kozmologlar bu kütlenin uzayın her santimetre kübünde 10^{-29} grama karşılık geldiğini ya da başka bir deyişle uzayın her metre karesinde dört veya beş hidrojen atomuna denk geldiğini hesapladılar (ve hatırlayın, bir metre küp bir santimetre kübün milyon katıdır). Şu anda Evrendeki maddenin yoğunluğuyla Λ alanının yoğunluğu eşit olduğu için, Evren artık yavaşlamadan hızlanma değişimine gitti. Bu, Evrenin tarihinde özgün bir çağın başlangıcıdır ve kozmolojik sabit bilmecesinin bu kısmı özel zamanda burada olmamız gerektiğidir.

Daha derin bilmece, Λ alanının enerjisinin neden bu kadar küçük olduğudur. Parçacıkların ve alanların davranışını ifade eden denklemler Λ alanının varoluşuna olanak sağlıyor, ki bu da kuantum belirsizliğinin kurallarıyla bağlantılıdır. Sorun ise denklemlerden çıkan alan için en doğal değerin gerçek Λ alanından 10^{120} kat daha büyük olmasıdır. Bu Evrenin nasıl genişlemeye başladığını güzelce ifade eden kısa ömürlü alandır, dolayısıyla fizikçiler denklemlere güven duyarlar. Bu denli büyük bir Λ alanıyla veya tamamen sıfır olanla mutlu olmalıdırlar (denklemleri tamamen sıfıra eşitleyecek sabitler elde etmek her zaman çok kolaydır); ama ilk esas ilkelerden yola çıkarak, neden hem çok küçük hem de tamamen sıfıra eşit olmayan bir kozmolojik sabit olması gerektiğini açıklamak çok zordur. Bu tür şeylere kâğıt üzerinde denklemler tarafından olanak sağlanır, ama çok da olası değildirler.

Cevap belki de varoluşumuzla bağlantılıdır. Eğer kozmolojik sabit normalde olduğundan birazcık daha büyük olsaydı, Λ alanından kaynaklanan kozmik itme Evrenin daha ilk günlerinden itibaren ona hükmeder, kütleçekimi yener ve yıldızları, galaksileri, gezegenleri ve insanları oluşturan madde bulutlarının çarpışmasına engel olurdu. Biz kozmolojik sabit küçük olduğu için buradayız. Bu farkındalık, Λ alanının gözlemlenen değerini açıklamak için antropik görüşün gelişmesine yol açmıştır. Esas olarak Steven Weinberg tarafından geliştirilmiştir ve daha sonra 1990'lardan bu yana diğer araştırmacılar, özellikle de Alex Vilenkin tarafından detaylandırılmıştır.

Bu görüşe göre, zeki gözlemcilerin etrafta olup bu tür sorularla bilmece oluşturmasına imkân veren bir Evren elde etmek için, galaksi oluşumu hemen hemen tamamlandıktan sonraki süreçte, Evrenin genişlemesine hükmedecek kadar küçük bir kozmolojik sabite ihtiyacınız vardır. Sabit bu limitin altında herhangi bir değer alabilir, ama çeşitli seçeneklerden bir değer "seçebilmenizde" bir anlam olsa, en benzer değerin bu antropik limitten çok daha küçük olmayacağını söyleyen istatistiksel bir görüş vardır. Aynı istatistikler, bir kalabalıktan rastgele bir insan seçerseniz onun cüce olmayacağını tahmin eder. Yani kozmolojik sabitin zeki gözlemcilerin varlığına izin verecek şekilde maksimum değerinden fazla değil, ama biraz daha küçük olduğu bir Evrende yaşadığımızı keşfettiğimiz için şaşırmamalıyız. Bu Vilenkin'in "dünyasal sıradanlık prensibi" demeyi sevdiği şeyin bir örneğidir. Galaksilerin varoluşuna olanak verecek maximum Λ alanının, bugün Evrendeki madde yoğunluğunun kabaca on katı olduğuna eminiz; ama sabitin gerçek değeri bugünkü madde yoğunluğunun üç katıdır. Biz tam da, yavaşlayan bir Evrenden hızlanmaya başlayan bir Evrene geçiş sonrasında bulunuyoruz, çünkü bu galaksilerin Evrende hâkim olduğu zamandır.

Eğer evrenler seçilebiliyorsa, eğer Çoklu Evren gerçekse, o zaman kozmolojik sabitin gözlemlenen değeri, Çoklu Evrendeki bizim gibi yaşam formlarına uygun evler olan evrenlerde tam olarak olması gerektiği kadar olurdu. Çoklu Evren için kanıt çoğalıyor. Ama dahası da var.

Düz Bir Kozmik Denizdeki Dalgacıklar

Sıradaki diğer iki kozmik sayıyı birlikte açıklamakta fayda var, çünkü ikisi birden bize, Evrenin şaşırtıcı derece düzgün ve tam da var olmamıza olanak sağlayacak kadar düzensiz olduğunu anlatırlar. Bu düzgünlük gece gökyüzüne baktığınızda veya duyarlı astronomik kameralarla gece çekilmiş gökyüzü fotoğraflarında belli olmaz. Gördüğümüz şey karanlık denizinde ışık kümeleridir, yıldızlar ve galaksilerdir. Ancak görünüşler aldatıcı olabilir.

Astronomlar bir insan hayatı boyunca, hatta bin insan hayatı boyunca gökyüzünde hareket eden galaksiler göremezler,. İnsan standartlarına göre galaksiler yüksek hızlarda hareket etseler de, doğrudan gözlemlenebilecek bir hareket için fazlasıyla uzaktadırlar. Ama Doppler etkisi sayesinde, galaksilerin hareketlerini ve dönüşlerini hesaplamak mümkündür. Bu, bir nesnenin ışık spektrumunda değişikliklere yol açar böylece nesnenin hareketini açığa çıkarır. Galaksilerin dönüş hızlarından, küme adı verilen galaksi gruplarıyla birlikte hareketlerinden ve genişleyen Evrende galaksiler oluşturan kütleçekimin maddeyi birbirine çekme şeklini gösteren bilgisayar simülasyonlarından, Evrende ne kadar madde olduğunu ve toplamda nasıl dağıldığını tam olarak biliyoruz.

Evrendeki her şeyin gerçek kütlesini birbirine eklemeye çalışmak yerine, kozmologlar maddenin miktarını genellikle Yunanca bir harf olan omega (Ω) şeklinde gösterilen Evrenin ortalama yoğunluğu cinsinden hesaplarlar. Ω'nın kesin değeri Evrenin ne hızda genişlediğiyle ve Evrenin nihai kaderiyle bağlantılıdır. Kozmik sabiti bir dakikalığına bir kenara bırakırsak, Evreni daha büyük hale getiren genişleme ile genişlemeyi durdurmaya, Evreni yıkmaya çalışan kütleçekim arasında bir çekişme vardır. Eğer yoğunluk yeteri kadar büyük ise, kütleçekim kazanır; eğer yoğunluk küçük ise, genişleme kazanır ve Evren sonsuza kadar genişler. Ama yoğunluğun, kritik yoğunluk denilen özel bir değeri vardır ve bu noktada ikisi tamamen dengedir. Böyle bir durumda Evren çöküşün kenarında gezinerek, sonsuza kadar git gide daha yavaş genişlemesini sürdürür.

Basitçe, kütleçekimin işleyişi şu anlama gelir; eğer Evren kritik yoğunluğa sahip olursa bıçak üstünde durur, çünkü Evren genişleyip kütleçekim de bu anlamda zayıflarken, yoğunluk azalsa bile genişleme dengeyi korumak için tam olarak doğru miktarda yavaşlar. Kolaylık olsun diye, kozmologlar kritik yoğunluğu $\Omega = 1$ olarak tanımlarlar ve bugün Evrendeki maddenin gerçek yoğunluğunu kritik yoğunluğun bir oranı gibi hesaplarlar. Kritik yoğunluk uzayın her metre kübünde yaklaşık beş hidrojen atomunun varlığına eşdeğerdir, bu sayı belki size bir şeyi hatırlatır.

Gözlemler ve bilgisayar simülasyonları, bugün Evrendeki madde yoğunluğunun kritik yoğunluğun çeyreğinden birazcık daha fazla olduğunu gösterir. Daha kesin olarak, Ω (madde) = 0,27'dir, bu da uzayın her metre kübünde yaklaşık bir hidrojen atomunun eşdeğerine tekabül eder. İlk bakışta, sadece bu kanıt üzerinden Evren sanki sürekli genişlemeye mahkûm gibi gözükür, ama bu sayıyla ilgili çok garip bir şey vardır, kozmologların on yıllardır farkında olduğu bir bilmecedir bu.

Kütleçekim ile genişleme arasındaki dengeleme etkisi sadece Ω'nın değeri tam olarak 1'e eşit olduğunda işler. Eğer Evren Büyük Patlama sırasında o zamanki kritik yoğunluktan çok az büyük bir yoğunlukla ortaya çıkmış olsaydı, kütleçekim her şeyi çok çabuk birbirine çeker, Evrenin genişlemesini durdurur ve Ω'nın değerini daha da büyütürdü. Evreni bir "Büyük Çöküş"le kendi içine çökertirdi. Eğer Evren Büyük Patlama sırasında o zamanki kritik yoğunluktan çok az küçük bir yoğunlukla başlamış olsaydı, genişleme şeyleri daha inceye yayar, Ω'nın değerini daha da küçültürdü. Bunların her ikisi de kontrolden çıkmış süreçlerdir; Ω = 1'den sapma zaman geçtikçe artar.

Şu an Büyük Patlamadan 13,7 milyar yıl uzaktayız ve genişleme tüm bu süre boyunca kozmolojik sabitten çok az etkilenerek ilerliyor. Evrenin kendini yıldız ve galaksilerin oluşamayacağı kadar ince yaymadan bu kadar uzun sürdürebilmesi için, Ω'nın değeri başlangıçtan sonraki ilk bir saniyede 1'e gerçekten çok yakın olmalıdır. Aslında, 1'den herhangi bir sapma, bir bölü 10^{15}'in 1'den küçük olmalıdır (milyon milyarda bir). Başlangıçta 1'den farklı olan kozmik yoğunluğun miktarı, ondalık virgülü

takip eden 14 sıfır ve 1'dir. Eğer ilk yoğunluk rastgele "seçilmiş" olsaydı, her şey burada oluşumuza karşı işlerdi. Kritik yoğunluk tek özel yoğunluk olduğu için, Ω'nın bire eşit olduğu bir doğa yasası hayal etmek kolay olurdu, ama doğa yasasının Ω = 0,27 olması gerektiğini hayal etmek oldukça zor. 1990'larda birçok kozmolog tek açıklamanın Ω değerinin kesinlikle 1'e eşit olduğu ve hep de böyle olduğu konusunda ikna olmuşlardı. Bu durumda, Evrenin diğer üç çeyreğini oluşturacak kayıp kütle neredeydi?

Buna ek olarak, bir sorun daha vardır. Başarılı bir şekilde fizikçilerin Büyük Patlamadan ortaya çıkan maddenin karışımının yüzde 75 hidrojen ve yüzde 25 helyum olması gerektiğini hesaplamalarını sağlayan ve yine başarılı şekilde diğer elementlerin yıldızlar içinde üretildiğini açıklayan nükleer etkileşimler yaklaşımı, bize Büyük Patlamanın ateş topunda ne kadar nükleer (baryonik) madde üretilebilmiş olacağını da söyler. Yoğunluk bakımından yıldızları, gezegenleri ve insanları meydana getiren Evrendeki toplam baryonik madde miktarı, kritik yoğunluğun yüzde 4'ünden fazla olamaz. Var olduklarını galaksilerin hareket edişinden anladığımız, maddenin geri kalanı, yani kritik yoğunluğun yüzde 23'ü, henüz saptanamamış bir çeşit kara madde yapısında olması gerekir. Bu kara madde için arayış, bugün parçacık fiziğinin en acil çözüm bekleyen çalışmalarından biridir, ama şu an tüm söyleyebileceğimiz ve bu kitap düşünüldüğünde önemli olan, kara maddenin var olduğu, düzenli bir şekilde uzayda yayıldığı ve kara maddenin kütleçekiminin baryonik maddeyi (genellikle hidrojen ve helyum) galaksilerin kötü korunmuş bir yoldaki çamur gibi şekillendiği kütleçekimsel çukurlara çektiğidir.

Eminim konunun nereye gittiğini görüyorsunuzdur. 1990'ların sonunda, Evrenin genişlemesinin hızlandığını keşfeden gözlemciler çok şaşırmışlardı. Şaşkınlardı, çünkü kozmolog değillerdi ve kozmologların zaten Evrenin toplam yoğunluğunu kritik yoğunluğa getirmenin bir yolunu aradıklarını bilmiyorlardı. Oysa birçok kozmolog haberlerden memnundu. Ω = 1 olan bir evreni ifade etmenin bir diğer yolu onun "uzaysal olarak düz" olduğunu söylemektir; 1996'da, Evrenin genişlemesinin hızlan-

dığı keşfinden hemen iki yıl önce, *Companion to the Cosmos* adlı kitabımda buradaki gibi konuyu özetledikten sonra şöyle yazdım, "eğer kozmologlar uzaysal olarak düz Evren fikrini sürdürmeyi diliyorlarsa... belki de kozmolojik sabit fikrini yeniden sunmaları gerekir." Kritik yoğunluğun yüzde 73'üne eşdeğer enerji yoğunluğu olan bir Λ alanı, tam olarak istenen şekilde her şeyin birbirine güzelce oturmasını sağlayacaktı. Ayrıca bu Λ alanından şimdi bazen "kara enerji" olarak bahsediliyor. Ama bu hâlâ Ω'nın ayırt edilemez bir biçimde 1'e yakın olması gerektiği bilmecesini ortada bırakıyor; kozmologların "Evren uzaysal olarak düz" dediklerinde kastettikleri şeye bakarak bu bilmece çözülebilir.

Evrenin üç boyuttaki düzgünlüğü, iki boyutta masamın üstünde yayılmış bir kâğıt parçasının düzlüğüne eşdeğerdir. Dünya'nın yüzeyi aşağı yukarı iki boyutlu bir yüzeydir; bu anlamda bir düz kâğıt parçası gibidir ve kendi etrafında küre oluşturacak şekilde bükülüdür. Kapalı bir yüzey olduğu söylenir, çünkü uçları yoktur ve eğer yüzey üzerinde bir doğrultuda giderseniz, sonunda başladığınız yere dönersiniz. Genel görelilik teorisinin bize söylediği, bu üç boyutlu uzayın aynı şekilde bükülebilir olduğudur ve bu öngörüler ışığın Güneş gibi büyük nesnelerin yakınından geçerken büküldüğü gözlemleriyle onaylanmıştır. Bu bükülme aslında ışığın kavisli uzay boyunca en kısa yolu takip etmesinin bir sonucudur. Üç boyutta, bir kürenin kapalı yüzeyinin karşılığı kapalı bir evrendir ve o da aynı zamanda yanları olmayan ve bir doğrultu yönünde gittiğinizde, sonunda başlayacağınız yere döneceğiniz, kendi etrafında bükülmüş bir şeydir. Böyle bir evren çok büyük bir kara deliğe benzer. İki boyutta diğer bir olasılık, her yönde sonsuz uzayan bir semer veya dağ geçidi gibi şekillenmiş bir yüzeye sahip olmaktır. Bu, sonsuz olduğu için uçsuz olan, bir doğrultuda gittiğinizde aynı yeri iki defa geçmeyeceğiniz açık bir yüzeydir ve üç boyutta karşılığı açık bir uzaydır. Eğer hiç kozmolojik sabit olmasaydı, kapalı bir evrenin genişlemesinin son durağı kendi üzerine çökeceği bir gün olurdu. Açık bir evren genişlemeye mahkûmdur ve eğer kozmolojik sabit olursa, kapalı bir evren de sonsuza kadar genişleyebilir.

Üç boyutlu uzayın şekli, içinde bulunan maddenin (ya da madde ile enerjinin toplamının) yoğunluğuna bağlıdır, dolayısıyla bu şekilde anlatılan kapalı, düz ve açık evrenler kesinlikle önceden anlatılan, genişleyen Evrenin üç mümkün kaderine karşılık gelir, ki burada düz evren kritik yoğunluğun $\Omega = 1$ olmasıdır.

Genişleme evrendeki düzensizlikleri giderir ve onu daha düz hale getirir. Buruşuk yüzeyli kuru erik, yaygın bir benzetmedir. Kuru erik suya konulduğunda ve şiştiğinde, buruşukluklar gider ve meyvenin yüzeyi daha düz olur (bu insan yüzündeki buruşuklukları gidermek için yapılan bazı güzellik tedavilerinin arkasında yatan prensiple aynıdır). Eğer kuru eriğin Dünya kadar büyük olduğunu hayal ederseniz, yüzey gerçekten çok düz olur ve yüzey üzerinde yürüyen biri için bunun bükülmüş olduğu hiç de belli olmaz, tıpkı atalarımız için Dünya'nın düz değil yuvarlak olduğunun belli olmaması gibi.

Evrenin uzaysal düzlüğünün en iyi açıklaması, buna oldukça benzer bir şeyin Evren doğduğunda, varlığının ilk saniyesinde olduğudur. O zaman da, şimdiki Λ alanının büyük, ama kısa ömürlü karşılığı, bir saniyeden çok daha kısa bir sürede tüm görünen Evreni birçok ve birçok kez ikiye katlayacak büyüklükte çarpıcı bir genişleme üretti. Belirli sebeplerden dolayı, bu sürece şişme (enflasyon) denir ve beşinci bölümde anlatılacaktır. Enflasyonun sonunda Evren, hâlâ bir saniyeden gençken, neredeyse çok düz hale geldiği (bu aynı zamanda neden $\Omega = 1$ olduğunu açıklıyor) sıcak, genişleyen bir ateş topuydu ve galaksilerin büyüyebileceği tohumları sağlayan sadece çok küçük düzensizlikler kalmıştı. Şişmeyi daha sonra detaylı bir şekilde tartışacağım halde, aklımızda bulundurmamız gereken bir şey var: Bütün süreç Evrenin düzlüğü ve pürüzsüzlüğünü açıklıyor olsa da, içinde daha fazla düzensizlikler olan ve Ω'nın 1'den oldukça farklı olduğu bir evren bırakacak şekilde daha erken durabilirdi. Hâlâ, bu bakımdan, evrenlerin bir tercihi söz konusudur.

Galaksilerin kümelerde toplanışı sayesinde bugün Evrenin yumruluğunu hesaplayabiliriz. Galaksi kümeleri, içinde belki de, tıpkı bizim Samanyolu gibi, yüz milyarlarca yıldızdan oluşan binlerce galaksinin olduğu gruplardır. Galaksiler kümede

kütleçekim sayesinde bir arada dururlar, ortak kütle merkezleri etrafında dönerler ve hareket ettikleri hız Doppler etkisi ile hesaplanabilir. Bu bilgiyle galaksilerin, kurtulmak, dolayısıyla da kümelerin yok olması için ne kadar hızla gitmeleri gerektiğini hesaplamak kolaydır. Bu durumda tüm kümeye belirli bir enerji verilmesi gerekir ve bu işi yapması beklenen enerjinin miktarı galaksilerin kütleçekim ile birbirlerine ne kadar sıkı bağlı oldukları hesabıdır, ki bu da Evrenin pürüzsüzlükten ne kadar sapacağının hesabıdır.

Bu enerji sonra kümenin toplam enerjisiyle yani Einstein'ın $E=mc^2$ denkleminden belirlenen "durgun kütle enerjisi"yle karşılaştırılır. Evrenin dört bir yanında, baktığımız her doğrultuda ve araştırılmış bütün büyük kümelerde, bu iki enerjinin oranı yüz binde birdir. Bugün Evrendeki ortalama yoğunluktan en büyük sapmalar sadece ortalamanın 10^{-5}'idir (0,00001). Dünya büyüklüğünde bir kürede bu, 60 metreden yüksek olan tepelerin olmamasına karşılık gelir. Bu 10^{-5} sayısı, pürüzsüz kozmik denizde ne kadar küçük dalgalar olduğunun ölçüsüdür.

Galaksiler, maddesel Evrenin yığınını oluşturan kara maddenin görünür tek izidir. Tıpkı Noel ağacındaki ışıkların ağacın nerede olduğunun ana hatlarını vermesi gibi, kara maddenin büyük yoğunluğunun nerede olduğunun ana hatlarını verirler. Bu demektir ki, içinde galaksi kümelerinin oluştuğu "çukurlar" kara maddenin yoğunluğunda, ortalama yoğunluğu sadece yüz binde biri kadar yükselten küçük sapmalardır (ortalama yoğunluğun 1,00001 katı). 21. yüzyılın ilk on yılında gözlemsel kozmolojinin en büyük başarılarından biri, kozmik ardalan ışımasındaki düzensizliklerin tam bu büyüklükte, yüz binde bir olduğunun saptamış olmasıdır. Bu demektir ki, bu düzensizlikler, yani galaksi kümelerinin büyüdüğü tohumlar, Evren gençken çok uzun zaman önce oluşturulmuştur.

Düzensizliklerin farklı bir büyüklükte olduğunu varsayın. Eğer kritik sayı 10^{-5}'ten küçük olsaydı, düzensizliklerin gelişmesi daha zor olurdu. Eğer 10^{-6} (şimdiki değerin onda biri) kadar küçük olsaydı, yıldız ve galaksilerin büyümesi imkânsız olurdu. Diğer taraftan, eğer rakam çok daha büyük olsaydı, bir yapı için oluşmak çok daha kolay olurdu, çünkü maddenin çok bü-

yük yoğunluğu çok hızlı oluşurdu ve galaksiler oluşup yaşamın evrimleşmesine olanak vermeyecek dev karadeliklere çökerdi. Eğer sayı 10^{-4} (Evrenimizinkinin on katı) olsaydı, yine enteresan olurdu: Her birinin bütün galaksi kümesindeki madde kadar madde içerdiği büyük galaksiler olabilirdi. Ama eğer sayı 10^{-3} (Evrenimizinkinin yüz katı) olsaydı, sadece karadelikler ve ışıma olurdu.

Bir kez daha komik bir rastlantıyla yüz yüzeyiz. Fizik yasalarından, Evrenin neden Büyük Patlamadan (şişmeden sonra) dolayı bu kozmik sayının herhangi bir değeriyle oluştuğu açık değildir; ama galaksilerin, yıldızların ve insanların var olmasına olanak verecek aralıkta bir değere sahiptir. Daha küçük dalgacıklarla enteresan hiçbir şey olamazdı; daha büyük dalgacıklarla evren çok daha vahşi olurdu.

Benim için kozmik rastlantıların listesi, tüm delillerimi sunmada neredeyse yeterince uzundur. Ama Çoklu Evren için çıkarımlara göz atmaya devam etmeden önce, bir başka acayiplikten, Evren hakkında daha temel bir gariplikten söz etmek istiyorum. Neden bu dalgacıklar ve şimdiye kadar tartıştığım her şey, üç boyutlu bir uzayda yer almalıdır?

Üç Boyut İyi, Daha Fazla Boyut Kötü

Çoğu insan neden Evrenin üç uzay boyutu ve bir zaman boyutu olduğunu sorgulamayı asla düşünmez. Oysa böyledir ve bilimdeki en önemli buluşlardan bazıları, öyle olmalarını doğal karşıladığımız şeylerin neden öyle olduklarının sorgulanmasından gelmiştir: Ünlü bir örnek ele almak gerekirse, neden bir elma bir ağaçtan düşer ve neden Ay Dünya'nın etrafında döner? Isaac Newton'u kütleçekimin doğasını sezinlemeye yönlendiren bu tür bir soru örneği uygundur, çünkü uzayın üç boyutu olduğu gerçeği, Güneş gibi yıldızlar etrafında kararlı yörüngelerde Dünya gibi gezegenlerin var olmasına olanak sağlayan en önemli şeylerden biriyle çok yakından ilgilidir: 1680'lerde Newton tarafından tanımlanan kütleçekimin ters kare yasası. Bu yasaya göre, iki nesnenin birbirine etkiyen kütleçekim kuvveti, iki nesne arasındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır. Einstein'ın

genel görelilik teorisi, bu ilişkiyi eğri uzay üzerinden açıklar, ama bu, yasanın bu şekilde işlediği temel gözlemsel gerçeği etkilemez. Genel teori Newton'un kütleçekim tanımlamasını bir kenara atmaz, Newton'un tanımlamasını içerir; Einstein ortaya çıktığında elmalar değişik bir şekilde düşmeye başlamadı ve Ay yörüngesini değiştirmedi.

Merak uyandıran bir şekilde, ters kare yasası kararlı yörüngelerin var olmasına olanak sağlayan tek yasadır. Eğer Dünya'nın yörüngesi Evrenimizde herhangi bir şekilde birazcık kaymış olsaydı, Dünya Güneş etrafında dönerken hızlanarak veya yavaşlayarak, ters-kare yasası, onu şimdiki yörüngesine geri kaydırırdı. Bu durum negatif geri beslemenin* bir örneğidir ve Dünya'nın yörünge hızı ile Güneş tarafından hissettiği çekim kuvveti arasındaki değiş tokuştan kaynaklanmaktadır; günlük dilde söylemek gerekirse, merkezkaç kuvvet ile kütleçekim arasındaki bir dengeden ileri gelir. Ama örneğin kütleçekim yasasının ters küp olduğu bir evrende, gezegen yörüngeleri kararsız olurdu. Hafifçe yavaşlayan ve kendi güneşine birazcık yaklaşan bir gezegen, kendisini ölüm spiralinin içine doğru çeken, daha büyük bir kuvvetin etkisini hissederdi (kütleçekim kazanırdı); ama diğer yandan hafifçe hızlanan ve kendi güneşinden birazcık uzaklaşan başka bir gezegen uzayda sürüklenmesini sağlayacak, zayıflayan bir kuvvet hissederdi (merkezkaç kuvvet kazanırdı). Küçücük değişiklikler bile tıpkı bir göktaşının çarpmasıyla oluşanlar gibi, pozitif geri beslemenin bir sonucu olarak yıkıcı olabilirlerdi. Kararlı gezegen yörüngelerine olanak sağlayan değiş tokuş, sadece ters kare yasasında geçerlidir.

Diğer şeyler arasında, genel görelilik teorisi, ters kare yasası gerçeğini kütleçekim yasasının boyutluluğunun her zaman uzayın boyutluluğundan bir eksik olduğunu göstererek açıklar. İki boyutlu bir uzayda, iki nesne arasındaki kütleçekim kuvveti, 1'in iki nesne arasındaki uzaklığın bölümüyle orantılıdır; dört boyutlu bir uzayda, iki nesne arasındaki kütleçekim kuvveti, 1'in iki nesne arasındaki uzaklığın kübüyle orantılıdır vb. Dolayısıyla gezegen yörüngeleri sadece üç boyutlu uzayda kararlıdır.

* Negative feedback –çn.

20. yüzyılın ilk çeyreğinde, araştırmacılar bu buluşu yaptıkları sıralarda, aynı zamanda İskoç James Clerk Maxwell'in 19. yüzyılda bulduğu elektromanyetizma denklemlerinin sadece üç boyutlu uzay ve bir boyutlu zamanda işlediğini keşfettiler. Bizim Evrenimizde, kütleçekim gezegenleri yörüngelerinde tutan şeydir, elektromanyetizma ise insanları oluşturan atom ve molekülleri bir arada tutan şeydir. Hugh Everett'in birçok dünya fikriyle ortaya çıkmasından hemen önce 1955'de, İngiliz kozmolog Gerald Whitrow, içinde yaşadığımız Evrenin üç uzaysal boyuta sahip olarak gözlenmesinin sebebinin gözlemcilerin sadece üç boyutlu uzaya (ve bir boyutlu zamana) sahip evrenlerde var olduklarından kaynaklandığı önerisinde bulundu. Eğer yaşam sadece üç-boyutlu uzayda var olabiliyorsa ve biz canlıysak, kendimizi uzaysal olarak üç boyutlu bir Evrende bulmamız şaşırtıcı değildir.[3]

Ama bu diğer boyutluluğa sahip evrenlerin var olamayacağı anlamına gelmiyor, sadece bu evrenler kısır ve verimsiz olurlardı. 1950'ler ve sonrasında bu fikir, tüm mümkün evrenlerin bir yerde var olduğu, ama yaşamın, sadece yaşama uygun şartlarda olan evrenlerin bir altkümesinde olduğu bir evrenler "topluluğu" görüşünün gelişmesine yol açtı. Bu topluluk fikri birçok dünya fikrinin kuantum versiyonundan oldukça ayrı bir şekilde ve Çoklu Evren teriminin modern anlamda kullanılmaya başlamasından önce gelişti. Temel yapısıyla, bize diğer evrenlerin nerede olduğunu söylemez, ama kozmik rastlantılar için bir açıklama önerir.

Yaşam Piyangosu

En iyi benzetme, büyük ödülü kazanma şansı yakalamak için altı sayının seçilmesini gerektiren piyango benzetmesidir. Birkaç

3 Yaşamın her durumda iki-boyutlu bir evrende var olabileceği mümkün gözükmüyor, çünkü karmaşık yapılar oluşamazdı. Örneğin, kablolar birbiriyle kesişmeden ve birbirlerine dokunmadan bir kablo (veya sinir) ağı kuramazsınız, ve bir nesne dağılmadan buradan bir kanal açamazdı, tıpkı sindirim kanalı gibi. Gerald Whitrow'un ortaya koyduğu gibi, 'üç veya daha fazla boyutta herhangi bir sayıda olan hücreler, ek kesişmeleri olmadan çiftler şeklinde birbirlerine bağlanabilir, ama iki boyutta bunun için en fazla mümkün olan hücre sayısı sadece dörttür.'

milyon insanın kendi altı sayı dizisini seçtiğini ve bunlardan birinin kazanan olacağını varsayın. Neticeden sonra, kazanan bilet özel gibi gözükür. Ama esasen, bu sayı dizisiyle ilgili özel hiçbir şey yoktur. Piyangonun doğasından dolayı biri kazanmalıdır ve çekiliş yapılmadan önce her biletin eşit şansı vardır. Birinin şanslı olması gerekir.

Belki de Evrenimizde bizim gibi yaşam formlarının oluşmasına olanak veren kozmik sayılar dizisi de böyle bir şeydir. Eğer bu değişik kozmik sayılar dizisine sahip bir dizi evren varsa, zekâ sadece kozmik rastlantıların kazanan kombinasyonla olduğu evrenlerde ortaya çıkar. Bu evrenler sonradan anlaşıldıkları için geri kalan evrenlerden ayrılarak göze çarpar; çünkü biz ve zeki karşılıklarımız, onları gözlemek için oradayız. Ama esasen, bu belirli evrenler hakkında özel olan hiçbir şey yoktur, hepsi kozmik rastlantıların eşit derecede benzer sonuçlarıdır. Belki Evrenimiz yaşam piyangosunda tesadüfen kazanan bileti seçmiştir. Eğer öyleyse, rastlantıların bir manası yoktur.

Rees hazır takım elbiselerle dolu olan büyük bir mağaza benzetmesine düşkündür. Eğer mağazada askılarda asılı farklı bedenlerde yeterince takım elbise varsa, birinin sokaktan içeri girip kendine çok iyi oturan bir takım elbise bulması şaşırtıcı değildir. Kozmik rastlantıların varlığının Evrenin özellikle bizim için yapıldığı anlamına gelmeyeceği gibi, o, takım elbisenin özel olarak sokaktan gelen adam için üzerine tam oturacak şekilde yapıldığı anlamına da gelmez. Eğer gerçekten askıda sınırsız sayıda farklı bedenlerde takım elbiseler olsaydı, sizin üzerinize tam olarak oturanı bulacağımızdan emin olurdunuz. Eğer sınırsız sayıda evrenler varsa, en azından yaşam için uygun olan bir evren olmalıdır. İngiliz zoolog Carl Pantin 1968'de bunu biraz daha uygun bir dille ifade etmiştir:

> Maddesel evrenin özellikleri yaşayan yaratıkların evrimi için özgün bir şekilde uygundur. Eğer evrenimizin çeşitli özelliklerde belirsiz sayıdaki evrenlerden biri olduğunu bilseydik, belki de doğal seçilim ilkesine benzer bir çözüme başvurabilirdik; sadece bizimkini de içeren belli evrenlerde şartlar yaşam için uygundur ve bu koşullar sağlanmaz ise olayı not edecek gözlemciler olmayacaktır.

ÇOKLU EVRENLER

Yedinci bölümde tartışacağım üzere, özellikle bir kozmolog doğal seçilim benzetmesini mantıksal sonucuyla geliştirdi. Bu, diğer evrenlerin nerede (ya da ne zaman) olduğunu açıklamaya çalışan birkaç girişimden biridir. Kozmik rastlantılar, diğer evrenlerin nerede olacağı hakkında herhangi bir kavrayış olmadan, diğer evrenlerin var olduğunu düşünmemiz için geçerli nedenleri sunuyor. Kuantum fiziğinin Birçok Dünya yorumu, onlara "ihtiyaç" duymadığı halde, diğer evrenleri üretmek için bize geçerli bir bilimsel mekanizmayı oluşturuyor. İki argüman birleştirildiğinde, diğer evrenlerin var olma ihtimali iki kat artmaktadır. Diğer evrenleri üretmek için gereken mekanizmalar kitabın geri kalan kısmında açıklanacaktır, ama devam etmeden önce, bize, fizik sabitlerindeki çeşitliliği göz önüne almaya gerek kalmadan, uzay ve zaman hakkında yeni bir görüş sağlayan Birçok Dünya yorumunun mantıksal sonucuna değinmek istiyorum. Burada, Birçok Dünya teorisinin en büyük başarısı olabilecek şeyle, Çoklu Evrenlerin varlığının kanıtıyla, yani kuantum bilgisayarıyla karşılaşacağız.

3

KUANTUM BİTLERİ VE ZAMAN KAYMALARI

Hugh Everett tarafından tanımlanan dünyaların varlığı bizim dünyamızı doğrudan etkilemiş olabilir mi? Genel cevap "hayır"dır. Ama günümüzün Birçok Dünya yorumu öncülerinden biri olan David Deutsch, bunun her zaman olduğunu söylüyor. Dahası, prensipte birbiriyle etkileşen birçok dünyadan birkaçının etkilerini hissedebilen ve bu hissi bize geri bildirebilen, zeki (ya da en azından bilinçli) bir bilgisayar inşa etmenin mümkün olduğunu söylüyor.

Deutsch Çoklu Evren gerçeğine tamamen ikna olmuştur ve Birçok Dünya yorumunu özenle ele almıştır. Örneğin geniş bir dizide kendinin farklı versiyonlarını barındıran evrenler olduğunu kabul etmiştir, dolayısıyla bazılarında Oxford'da değil Cambridge'te bir profesördür ("belki" değil, "gerçekten" öyledir), diğerlerinde ise bilim adamı bile değildir. Daha büyük bir ölçekte, "alternatif geçmişler"i konu alan birçok bilim kurgu hikâyesi vardır ve bunlarda da diyelim ki, dinozorlar hiç ölmemiştir veya bizimkiyle kıyaslandığında insan seviyesinde bir zekâ ve uygar-

lık geliştirmişlerdir. Deutsch der ki, bu tür şeyler sadece kurgu değildir, dinozorların şehirler, uzay uyduları ve silikon tabanlı çipler kullanarak bilgisayarlar yaptığı evrenler "şüphesiz" olarak vardır, çünkü "bu fizik kurallarının bize anlattığı şeydir."[1] "Atomlar seviyesinde çoklu evrenlerin olup sadece kediler seviyesinde tek bir evrenin olması diye bir şey olamaz."

Gerçi Deutsch'un Çoklu Evren görüşüyle Everett'in önerdiği versiyon arasında önemli bir fark vardır. Şimdi geleneksel olan Birçok Dünya yorumunun asıl dilinde, bir evren kuantum olasılıklarından bir seçimle karşılaştığında "bölünen" bir şeydir ve bu da çok dallı bir ağaç resminin oluşmasına ve bu dalların çıktığı "ana gövde"nin olabileceği hakkında talihsiz gizli bir imaya yol açar. Bu aynı zamanda, Dünya'da bir çift yarık deneyinde bir delik veya diğerinden geçen elektronun ikiye bölünerek nasıl, tüm uzak kuasarlar dahil tüm Evrenden sorumlu olabileceği gibi rahatsız edici bir bilmeceyi ortaya çıkarıyor. Ama Deutsch'un tercih ettiği resim, hepsi aynı anda başlamış ve kuantum seçeneğinin yapılmış olduğu noktaya kadar özdeş tarihlere sahip geniş bir dizi evrenden oluşuyor. Bir evrende, elektron A deliğine doğru, diğer evrende ise B deliğine doğru gider; ondan sonra tarihler farklıdır, ama hiçbir şey bölünmez. Bu tıpkı hepsinin birinci sayfadan başladığı kitapların kopyalarıyla dolu sonsuz kütüphanenin olması gibidir; ama her kitaptaki hikâye, okuduğunuz kitapta ilerledikçe diğer kitaplardakinden giderek daha fazla şekilde sapar. Tüm bunları hesaba katmanız gerektiğinde bu, sonsuzluk fikriyle rahatsanız, bir kütüphanede bir kitaba başlayıp devam ettikçe giderek daha fazla değişik kitaba bölünmesi fikrinden çok daha tatmin edicidir. Daha ileri bir ayırımda, Deutsch Birçok Dünya yorumunun evrenlerin geri birleşmesine olanak sağladığına işaret eder; tekrar özdeşe dönecek olursak, Deutsch'un tercih ettiği dil kullanıldığında, sanki kütüphanedeki kitapların ikisi farklı yollardan giderek aynı mutlu sonla bitiyor gibidir. Tüm bunlar, kuantum girişimi sürecinde ne olduğunu farklı bir şekilde ele almaktan kaynaklanmaktadır.

1 Örneğin, *bkz.* Deutsch ile söyleşiler içeren, Julian Brown, *Minds, Machines and the Multiverse.*

İki Akılda Olmak

Kuantum çift yarık deneyinin en basit versiyonunda, fotonlar her defasında iki deliğe doğru ateşlenirler. Everett'in yorumu, bunun evrenin iki grup evrene bölünmesini sağladığıdır; bunların birinde belirli bir foton, bir deliğe doğru gider ve diğerinde foton diğer deliğe doğru gider. Ama der Deutsch, foton hangi deliğe giderse gitsin, deneyin diğer tarafında girişim deseninin aynı parçasında sonlanır, sanki iki grup evren tekrar birleşip bir olmuş gibi. "Bölünme" sadece deneyde neler olduğuyla ilgilenir, büyükçe bir çevrede, tüm evren dizisinde ne olduğuyla değil. İki grup evrenin ayrılıp kendi yollarına gitmesi fotonun sadece hangi yarıktan gideceği "seçeneğinin", daha ileri bir olayı tetiklediği durumda olur (kedinin ölmesi veya hayatta kalması gibi).

Deutsch'un tercih ettiği bir dilde, bu sanki bazı kahramanların maceraları hakkında özdeş hikâyeler anlatan iki kitapta, kahramanın bir nehri yürüyerek veya bir köprü kullanarak geçmesi gibidir. Bir kitapta, köprüden gider; diğerinde ise nehri yayan geçer. Öyleyse, iki hikâye tekrar özdeştir. Yeniden, sadece "seçeneğin", tetiklediği daha ileri bir olay (köprüyü geçerken düşüp boğulan kahramanın ölümü gibi) iki grup evreni, iki hikâyeyi, ayırıp kendi yollarına götürür.

Deutsch girişimi böyle görür. *The Fabric of Reality* kitabında, deneyin tek bir elektronun iki değil, daha fazla delikten geçtiği versiyonundan bahsederek, durumu ayrıntılı şekilde açıklar:

> yarıklardan birine doğru gider ve sonra bir şey onunla, diğer yarıkların açık olmasına bağlı olarak onu saptırarak girişim yapar;
> girişim varlıkları diğer yarıkların bazılarından geçmiştir;
> girişim varlıkları tam olarak foton gibi davranırlar...
> ... görünmemeleri dışında.

Eğer ördek gibi görünüyorsa, ördek gibi vakvaklıyorsa ve yumurta bırakıyorsa, o bir *ördektir* ilkesi üzerinde çalışarak, Deutsch der ki, bu "girişim "varlıkları fotonlardır, yani Çoklu Evrenin paralel gerçekliklerindeki fotonlar. Şu sonucu çıkarır:

> Tüm atom altı parçacıkların diğer evrenlerde bir karşılığı vardır ve sadece bu karşılıklarıyla girişim yaparlar. Bu

> evrenlerdeki diğer parçacıkların herhangi biri tarafından doğrudan etkilenmezler. Bu nedenle, [kuantum] girişimi sadece bir parçacık ve onun gölge karşılıklarının ayrıldığı ve tekrar birleştiği özel durumlarda gözlenebilirler... Girişim sadece evrenler çok benzer olduğunda saptanabilecek kadar büyüktür.

Neler olduğu hakkındaki bu yorumun doğru olduğunu kanıtlamanın kesin bir yolunu bulma çabasında, Deutsch bir kuantum deneyinden etkilendiğini hatırlayan yapay bir beyin fikriyle ortaya çıktı. Böylece bir proton veya elektron iki delikli deneyin özdeşinden geçerken iki akılda birden olabilir.

Deutsch kuantum seviyesinde bir hafızası olan yapay bir beyni inşa etmenin ihtimalinden bahseder; böylece bu beyin kuantum fenomenini doğrudan hissedebilir. Bu bilgisayar sadece üzerinde denenen deneylerin bir kaydını tutmaz, aynı zamanda deneyin herhangi bir anında nasıl hissettiğini bildirebilir; basit bir biçimde, neler olduğunun sürekli işleyen bir anlatımını çıktı olarak verebilir. Bilgisayarın günümüzde gösterdiği gelişimle, bu tür bir bilgisayar bu yüzyılın sonundan önce kurulabilir. Üzerinde yürüteceği deneyler temel iki yarık deneyinden biraz daha ustaca yapılmış olurdu; ama birleşik tek elektron veya fotonların art arda iki deliğe doğru gittiği ve bir zekânın etkileri, hissettiği bir devreye sahip olan bilgisayarla özdeş olur. Deutsch bu tür bir zekânın, zekânın iki kopyaya bölünüp (Everett'in tanımlamasını kullanarak) tekrar birleşip bir olurken, aynı anda her iki yöne giden parçacığın etkilerini hissedebileceğini tahmin ediyor.

Ama bu, böyle bir şey hissetmeyen insan gözlemcileri için tümüyle anlaşılmaz olur. Bölünme oluştuğunda, gözlemcilerin iki kopyası ve aynı şekilde makine zekânın iki kopyası olurdu. Dolayısıyla deneyin gidişatında, insan operatörler tarafından makineye elektron veya fotonun iki mümkün yolundan kaçının hissettiği sorulacaktır. Deutsch'un anlayışındaki kilit nokta, bilgisayarın "İki olasılıktan birini hissediyorum" şeklinde cevap verecek olmasıdır, ama iki farklı evrende de aynı cevabı veriyor olacaktır. O zaman, deneyin sonunda, evrenler birleşip bir olduğunda, hem insan hem makine gözlemciler, Everett'in Birçok

Dünya yorumunun doğru olduğunu kanıtlayan bir girişim deseni göreceklerdir. Eğer Birçok Dünya yorumu yanlış ise, girişim olmayacaktır.

Gözlemcilerin elektron veya fotonun hangi dahili yolu izleyeceklerini sormaması, oldukça önemlidir. Bu açığa çıkar çıkmaz, dünyalar arasındaki yarık kalıcı olur ve girişim olmaz, tıpkı klasik çift yarık deneyinde deneycinin elektronun hangi yarıktan geçtiğine baktığında girişim görmeyeceği gibi. Bu eski Kopenhag yorumunun bakış açısıyla dalga fonksiyonunun çökmesine karşılık gelir. Kopenhag yorumunda, bilgisayar ya aynı anda iki olasılığı hissettiğini belirtirdi ve girişim oluşmazdı veya tek bir olasılık hissettiğini belirtirdi ve hiç girişim oluşmazdı. Asla tek bir olasılık hissettiğini söyleyerek girişim oluşturamazdı.

Gerçi Çoklu Evrende bile bilgisayar zekâsı ikiye ayrılma hissini asla hatırlamayacaktır. Deneyin nasıl işlediği önemli bir sonuçtur, diyor Deutsch, girişim yüzünden "iki olasılıktan hangisini gözlemlediğine dair anısını yok etmesi gerekir."[2] Eğer gerçekten zeki ise deney kayıtlarını inceleyerek bölünmüş olması gerektiğini anlayacak, ama iki farklı akılda olmanın nasıl bir his olduğunu hatırlayamayacaktır.

Deutsch'un kendisi kuantum ilkelerinde işleyebilecek kullanışlı bilgisayarları inşa etme teknikleriyle yakından ilgilenmeye başladı. Çünkü işleyen bu ilkeler Çoklu Evrenin doğası hakkında derin gerçekleri ortaya çıkarır. 1977 kadar eski bir tarihte, Deutsch şimdi kuantum bilgisayarı adı verilen şeyin fikrini ortaya attı; halbuki o zaman tüm ilgilendiği şey birçok dünya fikrini test edebilecek fiziksel gerçek bir makine tasarlama olasılığıydı. Bu bilgisayarların pratik uygulamalarıyla daha az ilgiliydi; ama çalışan bir kuantum bilgisayarı arayışı için ciddi miktarlarda para harcatabilecek önemde uygulamalar olduğu ortaya çıktı. 1980'lerin başlarından itibaren, Deutsch'un şimdi pratik bir gerçeklik olan kuantum hesaplama teorisine büyük yardımları oldu. Deutsch her ne kadar makineler Birçok Dünya yorumunun testini yürütebilmek için çok basit olsalar da, bu çok basit makinelerin bile çalışıyor olduğu gerçeğinin, Çoklu Evren gerçekliğinin ikna edici kanıtı olduğunu iddia ediyor.

2 *Bkz. The Ghost in the Atom.*

Kuantum Bilgisayarı Arayışında

Geleneksel bilgisayarlar, genellikle "klasik" bilgisayarlar olarak ifade edilir, ikili sayılar veya bitlerden oluşan bilgiyi depo edip işlerler. Bunlar iki pozisyonun birinde olabilen basit anahtarlara benzerler, yukarı veya aşağı, açık veya kapalı. Bir anahtarın durumu 0 ve 1 rakamlarıyla gösterilir ve bilgisayarın tüm faaliyeti bu anahtarlar üzerinde uygun yollarla ayarları değiştirmekle ilgilidir. Kendi bilgisayarım, şu an bu cümleleri yazdığım bir kelime işlemci program kullanırken aynı zamanda müzik çalar, Brighton'daki dükkanında oğlumun bilgisayarındaki kameradan canlı bir bağlantıyla bir köşede resim gösterir ve eğer yeni bir mesaj gelirse beni uyaracak ardalanda çalışan bir e-mail programına sahiptir. 0 ve 1'lerin dizgileri bilgisayarın "beyni" içerisinde taşınıp işlendikçe tüm bunlar ve bilgisayarın yapabileceği diğer her şey mümkün oluyor.

Bu şekilde sekiz bit bir bayt yapar; ve 10 tabanı yerine 2 tabanıyla saydığımız için, çarpım merdivenindeki doğal üst basamaklar 10, 100, 1000 şeklinde değil, 2, 4, 8, 16 ve bu şekilde gider. 2^{10}'un değeri 1000'e yakın olan 1024'tür ve 10 tabanını kullanmaya alışık olduğumuz için, 1024 bayta bir kilobayt denir. Benzer şekilde, 1024 kilobayt bir Megabayt yapar ve 1024 Megabayt bir Gigabayt yapar. Laptop bilgisayarımın sabit diski 160 Gigabayt bilgi depolayabiliyor ve "beyin", yani işlemci, bir seferde iki Gigabayt'a kadar tümünün 0 ve 1'lerin dizgisinden oluştuğu bilgiyi işleyebiliyor.

Ama kuantum bilgisayarı başka bir şeydir. Kuantum dünyasında, elektron gibi varlıklar üst üste binme durumunda olabilirler. Bu demektir ki, kuantum anahtarları aynı anda iki durumda da olabilir; üst üste binme durumlarında, aynı zamanda açık ve kapalı, tıpkı Schrödinger'in kedisi gibi. Örneğin elektronların kendileri, spin (dönüş) denen bir özelliğe sahiptir, ki bu bizim günlük hayatta ifade ettiğimiz dönüşten oldukça farklı olsa da elektronun aşağı veya yukarıyı gösterdiği anlamına geldiği düşünülebilir. Eğer "yukarı" 0'a ve "aşağı" 1'e denk geliyor dersek, ikili bir kuantum anahtarı elde ederiz. Doğru şartlar altında, aynı anda hem aşağı hem de yukarı gösterdiği bir durumda var olabilir.

Üst üste binme durumlarında olan tek bir kuantum anahtarı eş zamanlı 0 ve 1 rakamlarını "depolayabilir." Klasik bilgisayarların dilinden türetilerek, böyle bir kuantum anahtarı "kübit" şeklinde söylenen ve kuantum bit'inin kısaltması olan "kübit"* şeklinde anılır, tıpkı İncil'de bulunan uzunluk birimi gibi.[3] Kübitlerin varlığının baş döndürücü çıkarımları vardır. Örneğin iki klasik bit 0'dan 3'e kadar olan dört sayıyı gösterebilirler, çünkü sadece dört kombinasyonda bulunabilirler: 00, 01, 10 ve 11. Bu dört sayıyı aynı anda göstermek için (0, 1, 2 ve 3) dört çift bite ihtiyacınız olur, yani bir bayta. Oysa sadece iki kübit aynı anda bu dört rakamı gösterebilir. Sekiz kübitten oluşan bir kayıt (tek bir kübayt) dört değil 2^8 sayıyı *aynı anda* gösterebilir. Bu tek bir kübaytta 256 sayı demektir. Ya da Deutsch'un ortaya koyduğu şekilde, Çoklu Evren bilgiyi bir şekilde paylaştığı 256 farklı evreni gösterir.

İşleyen bir kuantum bilgisayarında, kübaytlık bir bilgiyi gösteren bu 256 sayının her biri üzerindeki etkinliğini kapsayan herhangi bir işlem aynı anda bütün 256 evrende yapılır, sanki evrenimizde sorunun bir yönüyle ilgili çalışan 256 klasik bilgisayarımız veya sayının her değeri için 256 defa çalışması gereken bir bilgisayarımız varmış gibi. Gelecekte daha ileri bakacak olursak, 30-kübit işlemcili bir kuantum bilgisayarı 10 teraflopta (her saniyede trilyonlarca kayan nokta işlemi); çalışan geleneksel bir bilgisayarın hesap gücüne karşılık gelecek; bugün geleneksel masa üstü bilgisayarlar gigafloplar (her saniyede milyarlarca kayan nokta işlemi) ölçüsündeki hızda yani 30-kübitlik kuantum bilgisayarından on bin defa daha yavaş çalışırlar. Bu, bir kuantum bilgisayarının olağanüstü gücünü hissettirir; ama asıl mesele hesaplamanın sonunda yararlı bir bilgi elde etmektir; bütün bir yol boyunca faydalı bilgiyi kaybetmeden, farklı evrenleri doğru bir şekilde anlayabileceğimiz bir "cevap" üretecek şekilde girişime sokmaktır.

1985'de yayımlanan bilimsel bir makalede, "kuantum paralelliğine" dayalı bir bilgisayarın gücünün altını ilk çizen kişi

---

* Kübit –çn.

3 Yazar, eski insanlar tarafından kullanılan ölçü birimlerinden birinden bahsediyor. Latince cubitum'dan (dirsek) gelmektedir ve ön kolun uzunluğu baz alınarak hesaplanmıştır –çn.

Deutsch'un ta kendisidir. Ama, böyle bir bilgisayarın uygulamasında bazı kesin sınırlamalar olacağını anlamıştır, çünkü bir evrenin sakinleri tüm paralel evrenlerde yapılan hesaplamaların sonuçlarını doğrudan gözleyemez. Bu sadece kuantum hesaplamalarının bir diğeriyle girişim yaptığında, sınırlı miktarda bir bilginin ilgili olan tüm evrenlerdeki gözlemciler için mevcut olduğunda olur. *Otostopçunun Galaksi Rehberi*'ndeki bilgisayar Derin Düşünce'nin davranışını andıracak uç bir örnekte, kuantum bilgisayarını çalıştırabilir ve sorulan soruyu bilmeden bir cevap alabilirsiniz; çünkü diğer evrenlerdeki bir operatör (veya operatörler) tarafından sorulmuş olabilir.

Yani çalışan bir kuantum bilgisayarınız olsa bile onu daha iyi ve daha hızlı olan klasik bir bilgisayarı kullandığınız kadar kolay bir şekilde kullanamazdınız. Örneğin daha iyi bir kelime işlemcisi olmazdı. Büyük miktarlarda para yatırıp bir kuantum bilgisayarı kurmak için tek pratik sebep, bir kuantum bilgisayarının yapabileceği, ama geleneksel bir bilgisayarın yapamayacağı pratik yararı olan çok güçlü bir uygulamanın var olması olurdu. Yaklaşık on yıldan beri, kuantum bilgisayarı çözmek için problem aranıyordu. Sonunda 1994'de, New Jersey'deki Bell Laboratuarlarından Peter Shor, tam bir "katil" uygulamayla ortaya çıktı.

Katil Uygulama*

Katil uygulama ilk bakışta sıradan, hatta biraz can sıkıcı matematik gibi gözükür. Ama tam da can sıkıcılığı onu bu kadar önemli yapmaktadır. Sırları saklamak politik, askeri ve ticari alanlarda, çok büyük öneme sahiptir ve sırrı öğrenebilecek üçüncü şahıslar olmadan hassas bir bilgiyi bir kişiden diğerine iletmede kullanılan güvenli şifreler hem zorunlu hem de değerlidir. Bu tür şifreleri kırma yeteneği çok daha değerlidir ve geniş çapta tanınmamış olmasına rağmen büyük bir araştırma çabası gerektirir. Bugün en iyi şifreler, neredeyse kırılamaz varsayılanlar, herhangi çok büyük bir sayının çarpanlarının bulunmasının güçlüğüne dayandırılmıştır.

* Killer application, ya da kısaca 'killer app' –çn.

Çarpanlara ayırma hepimizin okulda öğrendiği, ama çoğumuzun unuttuğu bir şeydir. Asal sayıların çarpımıyla ilgilidir. Özel bir durum olan 1 sayısını kenara bırakırsak, bir asal sayı sadece kendisine ve 1'e bölünebilen herhangi bir sayıdır. Dolayısıyla 2 ilk asal sayıdır (ve tüm çift sayılar 2'ye bölündüğü için tek çift olandır), 3 ikincidir, 5 üçüncüdür ve böyle gider. Eğer iki asal sayıyı birbiriyle çarparsak, asal olmayan bir sayı elde ederiz ve bu asal sayılar bu sayının çarpanları olur. Örneğin 3 x 5 = 15 örneğinde 3 ile 5, 15'in çarpanlarıdır. Bir sayı ikiden fazla çarpana sahip olabilir, ama bu örnekte böyle karmaşıklıklara gerek yoktur. Sayıları çarpmak kolaydır. Ama bir sayının çarpanlarını bulmanın tek yolu deneme ve yanılmadır; 15 gibi bir sayı için kolaydır, ama çok büyük sayılar olduğunda oldukça zorlaşır. Takip etmeniz gereken tek gerçek rehber, çarpanlardan birinin çok büyük bir sayının karekökünden az olmasıdır.

Bunun kriptografiyle alakalı olmasının sebebi, bir şifrenin iki büyük asal sayının çarpımıyla oluşmuş çok büyük bir sayıya dayalı olabilmesindendir. Bunlar şimdiye kadar geliştirilmiş ve yaygınca kullanılan en iyi şifrelerdir. Çok büyük sayı şifreleri mesajların göndericisi tarafından mesajları karıştırmak için kullanılır; ama çarpanlar alıcı tarafından mesajı deşifre etmek için kullanılır.[4] Bu şifreyi kırmak isteyen herhangi bir kişi bu çok büyük sayıyı kolayca bulabilirdi, ama en iyi geleneksel bilgisayarları kullansa dahi çarpanlarını bulması uzun bir zaman alırdı.

Deutsch bir matematikçinin çözmesinin imkânsız, ama bir bilgisayarın çözebileceği en sade problemin ne olabileceğiyle ilgili bir örnek verir. 10.949.769.651.859 sayısı sadece iki çarpana sahiptir: 4220851 ve 2594209. Sizce bu çarpanları bulmak, 2594209'a ulaşana kadar 10.949.769.651.859'u önce 3'e, sonra 5'e, sonra 7'e ve sonra 11'e... vb'ye bölerek, ne kadar sürer? Bir bilgisayar bunu bir saniyeden az bir sürede yapabilir. Ama 10.949.769.651.859'un sadece 14 basamağı vardır ve bu sayının uzunluğuna her rakam eklediğimizde, karekökün büyüklüğü yaklaşık üç kat artar. Çünkü bir rakam eklemek kabaca 10 ile

4 Bu harika bir, fazla basitleştirmedir; kriptografinin detaylarını öğrenmek isterseniz, George Johnson'ın *A Shortcut Through Time*'ına bakınız.

çarpmakla aynı şeydir ve 10'un karekökü 3'den biraz fazladır. Dolayısıyla bir rakam daha eklemek, iki asal sayının küçüğünü bulmak için üç kat daha fazla zaman alır. 25 basamaklı bir sayı için, çarpanlara ayırma işlemi 1997'de mevcut olan en iyi bilgisayarı kullanarak yüzyıllar alır. Aynı yıl Deutsch şu örneği sunmuştur; bilgisayarın hızı yükseldiğinde, tek yapmanız gereken mesajlarınızı gizli tutmak için daha büyük sayılar kullanmaktır.

Ama Shor, tam olarak Shor'un algoritması olarak bilinen, bir kuantum bilgisayarının 10.949.769.651.859 gibi 14 basamaklı sayıları geleneksel bir bilgisayardan nasıl daha kolay çarpanlarına ayırabileceğini gösteren bir dizi fikri bir araya getirdi. Esasen, kuantum bilgisayarı bir dizi paralel evrende aynı anda mümkün olan tüm bölmeleri yapabilir, dolayısıyla cevap bir bölmenin ne kadar zaman aldığında yatar. Girişim sayesinde, Shor tüm paralel dünyalardaki bilgisayarlarda görünecek cevap için bir yol buldu. Sadece doğru cevaba götüren hesaplamalar girişim sürecinde toplanır ve diğer tüm yanlış cevaplar birbirlerini iptal ederler.

Teoride, bu tür bir bilgisayarla ilgili hâlâ bir sorun vardır, çünkü başka türde bir girişime çok meyillidirler; dünya dışında, sistem içinde parazit gibi davranan bir girişim. Bu demektir ki, aldığınız cevaplara güvenemezsiniz. Ama bu tür bir sorun, sorun değildir! Kuantum bilgisayarının bu parazite çok duyarlı olduğunu, öyle ki her bin tekrarda sadece bir kere doğru cevabı verdiğini varsayın. Yani? Her tekrar sadece saniyeden biraz az bir zaman alır. Sadece makineyi 1000 defa veya daha fazla çalıştırın ve analiz edilen çok büyük sayılardan gerçekten hangilerinin çarpanlar olduğunu bulmak için çeşitli cevapları çarpmada geleneksel bir bilgisayar kullanın. Uç bir örnek ele almak gerekirse, bin basamaklı bir sayının çarpanlarını bulmak, geleneksel bir bilgisayarın birçok milyon kere milyar yılını alır; bu Büyük Patlamadan bu yana olan sürenin çok daha fazlasıdır. Shor'un algoritmasını kullanan bir kuantum bilgisayarının ise 20 dakikasını alır.

Bu fikirler kısa zamanda mükemmelleştirilmiştir (Deutsch ve meslektaşları ve diğerleri tarafından) ve kuantum bilgisayarlarındaki özel sorunların çözümünde kullanılabilecek diğer

algoritmalar bulunmuştur. Tek kullanımlık bir kuantum bilgisayarının gerçek avantajlarının ortada oluşuyla, 20. yüzyılın sonundaki yarış, sayıları bu şekilde çarpanlarına ayırabilecek, elbette küçük, ama akılda büyük olan sayılarla çalışan bir makine yapmak üzerineydi.

Kullanışlılık

Kuantum bilgisayarlarındaki ortak büyük sorun, bilgiye erişmektir. Bilgisayar kuantum seviyesinde mükemmel, tatmin edici bir şekilde işleyebilir, ama neler olduğunu anlamak için ona dışarıdan engel olmalıyız ya da, kuantum sisteminin dış çevreyle etkileşmesine olanak sağlamalıyız. Dış dünyadan herhangi bir etkileşim kuantum işlemlerini rahatsız eder. Kuantum girişimi etkileri, eşevresizlik [decoherence] olarak bilinen olguyla, dış çevrede bulunan büyük parçacık grupları arasında yayılır. Fizikçiler genellikle dışarıdaki girişimin kuantum sistemlerini eşevresiz yaptığını söyler; ama, Deutsch'un gösterdiği şekilde, bu yanlış bir bakış açısıdır ve kuantum bilgisi genişçe yayılıp diğer tüm olan şeylerin parazitinde kaybolurken, eşevresizliğe yol açan şey dış dünyadaki kuantum sürecinin etkisidir. Her iki şekilde de bu, bir hesaplama devam ederken, kuantum sistemlerinin herhangi bir dış etkiden dikkatlice korunması ve daha sonra hesabın sonucunun okunması için doğru bir şekilde dürtülmesi gerektiği anlamına gelir. O zaman bile bilgiyi okumanın etkisi onu bozacağı için, bilgisayar size cevabı yalnız bir sefer verebilir. Geleneksel bir bilgisayardan farklı olarak, cevabı hafızasında tekrar ve tekrar okunması için tutamaz.

Eğer bu tür sorunlar aşılabilirse, bir kuantum bilgisayarı hepsi atom kafeslerinde hapsedilmiş tek elektronları bilgisayarın "anahtarları" gibi kullanıp çalışabilir. Bu tür bir "kuantum noktası", bir lazer demetindeki saf ışığın bir vuruşunun hafif dokunuşuyla bir kuantum durumundan diğerine geçebilir veya elbette, üst üste binme durumlarında var olabilir. Bu kadar küçük ölçekte işleyen sorunlar dışında, bu tür bir bilgisayar, her kübit herhangi bir dış etkiden hasar alabilecek tek bir elektron tarafından gösterildiği için eşevresizlikten kaynaklanan hatalara fazla meyilli olurdu.

Bu sorunu alt etmenin en iyi yolu, bir tek kübitin durumu hakkındaki bilgiyi birkaç (veya birçok) farklı anahtardan geçerek yaymaktır, böylece eğer biri bozulursa elinizde hâlâ diğerleri olur. Bu konudaki erken başarı 1998'de, Los Alamos National Laboratory'den Isaac Chuang ve Massachusetts Institute of Technology'den Neil Gershenfeld'in önderliğindeki bir ekip, her molekül sıvı bir çözeltideyken tek bir kübiti üç kuantum durumuna (teknik olarak nükleer spin durumları) yaymak için bir yol bulduklarında geldi. "Bilgisayar" radyo frekanslı elektromanyetik sinyal serilerini kullanmaya programlanır ve tüm moleküllerin ortaya çıkan ortalama durumu (burada programın çıkışını temsil ediyor) nükleer manyetik rezonans (NMR) tekniğinin bir uyarlamasıyla, manyetik alan kullanılarak görüntülenir. Bu teknik tıpta vücudun içini "görmek" için kullanılır; birçok hasta "nükleer" sözcüğünden korktuğu için, manyetik rezonans görüntülemesi, kısaca MRI adıyla geçer.

Los Alamos/MIT takımının çalışmasında özellikle zekice olan şey, tek bir kuantum noktasının durumunun bozulup bozulmadığını anlamak için yapılan ölçüm içerdiği bilgiyi yok edeceği halde, NMR yaklaşımı moleküllerin ortalama durumlarını karşılaştırıp onları ölçmeden, birinin diğerinden farklı olup olmadığını anlamasıdır. Dolayısıyla hiç çıkmaması gerekirken farklılıklar çıkarsa, bir hata olduğunu bilir ve onu düzeltmek için adımlar atabilir.

Tarihte, muhtemelen kuantum hesaplamanın dönüm noktası olarak yer alacak olay 2001'de meydana geldi, ki bunun havacılıktaki karşılığı Wright kardeşlerin ilk uçuşu olurdu. IBM'in Almaden Research Center'daki bir ekibi 15 sayısını Shor'un algoritmasıyla, çalışan bir kuantum bilgisayarında fiilen çarpanlarına ayırdı. Bilgisayarın kalbi, beş florin ve iki karbon atomundan oluşan bir moleküldü ve onlara oynamaları için yedi nükleer spin yani yedi kübit veriyordu. Ama sadece bir molekül üzerinden değil; evre uyumsuzluk tarafından meydana gelecek her hatayı etkin bir şekilde dengeleyen tüm bu moleküller üzerinden alınan ortalama ile, NMR tarafından görüntülenen çok az bir miktar sıvıda yaklaşık milyar kere milyar (10^{18}) bulunan bu molekülden oluşan bir solüsyon kullandılar. Aslında her mo-

lekül, aynı sorunu çözmeye çalışan ve hatalar için cevaplarını kontrol eden yedi kübitlik bir bilgisayardır (128 bitlik geleneksel bilgisayara eşdeğer).

7 kübit, Shor'un tekniğini kullanarak 15 sayısını çarpanlarına ayırmada gereken minimum sayıdır ve bilgisayar çarpanların 3 ve 5 olduğunu doğru bir şekilde bulmuştur. Bu kuantum hesaplamanın ve Shor'un algoritmasının çalıştığını kanıtladı ve Çoklu Evrenin varlığından şüphe etmeyi oldukça zorlaştırdı. Wright kardeşlerin başarısından sonraki yüzyılda havacılığa neler olduğuna bakmak, kuantum hesaplamanın 2100 yılında nerede olacağına dair ufak bir ipucu verir.

Bu tür sıvı bir bilgisayarda başka moleküller kullanılabilir ve Gershenfeld kafeinin iyi bir aday olduğunu işaret etmekten hoşlanıyor. *Otostopçunun Galaksi Rehberi*'nden esinlenerek, işlemci olarak bir fincan kahve kullanan bir kuantum bilgisayarı mümkün olabilir. Ama en azından şu an, sıvı bilgisayar tekniğinin gelişmesi için önünde birkaç sınırlama var.

Maalesef, içindeki çekirdek sayısı arttıkça düşüşü hızlanan moleküllerin görüntülenmesinde kullanılan radyo frekansı sinyalinin gücü ve günümüz teknolojisiyle, bu teknikle kurulabilecek en büyük kuantum bilgisayarı sadece on kübit olurdu. Ama geliştirilmiş başka teknikler de vardır, ki bunlardan biri 2005'de, 8 kübitle ilk kübayt bilgisayar olarak sınır noktasına erişti. Kuantum hesaplamanın geleceğinin nasıl olacağını, Wright kardeşlerin hayalet uçağı tasarlayabilmiş olmalarından daha fazla tahmin edemeyiz ve hiçbir şekilde böyle bir spekülasyonun bu kitapta yeri yoktur. Burada asıl mesele, kuantum bilgisayarları tarafından yapılan hesaplamaların *nerede* gerçekleştirileceğidir.

Her Şey Nerede Oluyor?

Kuantum hesaplamayla ilgili birçok kişi basitçe, bilgisayar çalıştığı sürece, hesaplamaların nerede yapıldığı hakkında endişe duymamaktadır. Bu tür şeyler hakkında düşünen bu kişilerin çoğunun bir matematik geçmişi vardır; burada şeyleri belli hesaplamaları kolaylaştıran hayali uzaylar ve kurgusal yapılar

açısından düşünmeye alışkınlardır. Maalesef bu, kuantum bilgisayarında gerçekten ne olduğunu anlama konusunda onları körleştirir.

Gerçek dünyada, üç boyutlu uzaydaki bir nesnenin pozisyonu üç sayıyla gösterilebilir; bunlar seçilen referans noktasına olan uzaklığa karşılık gelen koordinatlardır ve genellikle iki-boyutlu bir grafiğin üç boyutlu karşılığı, birbirleri arasında dik açı bulunan üç eksene olan uzaklık cinsindendir. Bir nesnenin hızı aynı zamanda üç boyutlu bir özelliktir, çünkü bir doğrultuyu içerir ve matematikçiler hayali bir "hız uzayı" açısından bakmaktan keyif alırlar; bu uzayda bulunan tek bir nokta hızın, birbirleri arasında dik açı bulunan üç doğrultudaki bileşenlerini temsil eder, ki bunlar toplandığında gerçek hızı verir. Bunu temsil etmek için hız uzayının üç boyutlu modelini gerçekten yapmayı hayal edebilirsiniz, tıpkı üç-boyutlu kabartma bir kürenin, Dünya'nın coğrafyasını temsil etmesi gibi.

Ama bir matematikçiyseniz neden bununla yetinesiniz ki? Neden iki dizi bilgiyi, tek bir noktanın tek parçacığa ait hem pozisyon hem de hız bilgisini içerdiği, bir altı-boyutlu uzayda birleştirmeyi hayal etmeyesiniz? Matematikçiler bile birbiri arasında dik açı olan 6 doğrultuyu hayal etmekte zorlanabilirler ve kimse bu uzayı temsil etmesi için altı-boyutlu model inşa etmeyecektir. Ama hesaplamalar ilgili olduğu sürece, denklemler tıpkı Pisagor'un dik açılı üçgenler için olan meşhur teoremi gibidir; ilave boyutlara karşılık gelen birkaç ilave terim bulundururlar (her boyut için bir adet vardır.) Tarihsel nedenler yüzünden, böyle bir hayali uzay "faz uzayı" olarak bilinir, ama "faz" teriminin bu bağlamda bir isim olması dışında bir önemi yoktur.

Matematikçiler faz uzayı görüşünü aşağı yukarı sınırsızca genişletebilir. Çok fazla uygulaması vardır; ama hız/konum örneği şimdilik yeteri kadar iyi bir örnekti. Tek bir parçacığın durumunu tanımlamak için altı boyutlu bir faz uzayı gerekir, ama eğer başka bir boş kutu içinde tıngırdayan iki parçacık varsa, herhangi bir zamanda durumu tanımlamak için 12-boyutlu bir faz uzayı gerekir. Böyle bir faz uzayının kutu içindeki parçacık sayısının altı katı kadar fazla boyutu olur. İstatistiksel teknikler,

zaman geçtikçe faz uzayındaki bu tür bir sistemin değişmesini tanımlamada kullanılabilir ve bunun kaos teorisi gibi önemli çıkarımları vardır.[5] Ama buradaki tek ilgilendiğimiz nokta, matematikçilerin kesinlikle çok büyük sayıda (mistik) boyutlara sahip hayali faz uzaylarıyla uğraşma fikrine alışkın olmalarıdır. Dolayısıyla biri onlara, diyelim ki, 250 basamaklı bir sayıyı çarpanlarına ayıran bir kuantum bilgisayarının 10^{500} durumun[6] üst üste binmesini işleyerek bunu yaptığını söylerse, ilk verecekleri tepki bunu faz uzayını düşündükleri gibi düşünmeleri olur.

Ama esasen bir fark vardır. Bir kutu veya başka bir fiziksel sistemde tıngırdayan parçacıkların davranışını gösteren faz uzayı, gerçek, fiziksel bir şeyin, bu örnekteyse parçacıklarla dolu bir kutunun hayali temsilidir. Oysa kuantum hesaplamanın kendisi matematikçiler tarafından hayal edilen bir şey değil, gerçek, fiziksel bir şeydir. Hesaplama bu durumda birlikte çalışan 10^{500} gerçek bilgisayarı içerir. Peki neredeler? Deutsch cevabı kesin bir şekilde verir:

Hâlâ bir "tek evren" bakış açısına tutunanlara, şu soruyu soralım: *Shor'un algoritmasının nasıl çalıştığını izah edin...* Shor'un algoritması 10^{500} veya hesaplama kaynaklarının görebildiği kadar katı bir sayıyı çarpanlarına ayırdığında, sayı nerede çarpanlarına ayrılmıştı? Görünür evrende sadece yaklaşık 10^{80} atom bulunmaktadır, 10^{500} ile karşılaştırıldığında tümüyle küçük bir sayı. Dolayısıyla eğer görünür evren fiziksel gerçekliğin kapsamındaysa, fiziksel gerçeklik en ufak ölçüde bu kadar büyük bir sayıyı çarpanlarına ayırmak için gereken kaynağı en ufak ölçüde bile içermezdi. O zaman, kim çarpanlara ayırmıştır? Nasıl ve nerede, hesaplama gerçekleşmiştir?

Belki siz de *neden* hesaplamanın gerçekleştiğini soruyor olabilirsiniz? Neden diğer evrenlerin 10^{500} sakini bizim onların bilgisayarlarında programı çalıştırmamıza izin verirler? Onlar için ne faydası var ki?

Basit cevap, "onlar için faydası neyse, bizim için de odur"dur. Özdeş şekillerde başlayan kitapların olduğu kütüphane benzet-

5 *Bkz. Deep Simplicity* [John Gribbin, Alfa Bilim Dizisi]

6 Bu Deutsch'tan ödünç aldığım gerçek bir örnektir; 10^{500}, elbette, 1'i takip eden 500 sıfır demektir.

mesini hatırlayın. Hesaplamanın olduğu tüm evrenler, çarpanlara ayırma programının çalışmaya ayarlandığı noktaya kadar bizim evrenimizle özdeştir. Tüm çaba ve niyetler yüzünden, bu diğer belirli evrenlerin sakinleri bizlerizdir ve onlar programı bizimle aynı sebeplerden dolayı çalıştırırlar. Hesaplama sürecinde, evrenler farklılaşır, kitapların o sayfalarında yazan hikâyeler birbirinden farklıdır. Ama hesaplamadan sonra, evrenler esasen tekrar özdeş olurlar.

Elbette, insanların kuantum bilgisayarları inşa etmedikleri veya bilgisayarlarında başka programlar çalıştırmayı seçtikleri büyük çapta daha fazla evren vardır. Ama bu evrenler bizimkinden o kadar farklıdır ki, kuantum anlamında, bizim evrenimizle etkileşmezler. Sadece, bizim çözmek istediğimiz aynı bilmeceyi çözmek isteyen kendi sakinleri yüzünden yeterli derecede bize benzeyen evrenler, bu bilmeceleri aynı şekilde çözmek için etkileşirler.

Bu benim kuantum hesaplama hikâyesini getirmek istediğim veya getirmeye ihtiyaç duyduğum noktadır. Benim mantığıma göre, kuantum hesaplamanın çalışması Çoklu Evrenin varlığını kanıtlar. Gerçi, kütüphane kitabı benzetmesi doğal olarak Çoklu Evrenin ki bu "genel görüş"e ters düşen başka bir yüzüne, zamanın doğasına yol gösterir.

Çoklu Evren İçin Bir Benzetme

Paralel evrenler fikrini ilk duyduğunuz zaman hemen bizimkine yakın ("kapı komşusu") ve çok benzer evrenler ile bizimkinden farklı olarak kendi zaman çizginizde (ne demekse) daha ileri; yani bir bakıma zamanda yanlamasına "gittiğinizde" daha da farklılaşan evrenlerle "yan yana" durduklarını düşünmeniz doğaldır. Bu birçok bilimkurgunun temelidir ve aynı zamanda Çoklu Evrenin bazı popüler açıklamalarında da belirir. Ama Çoklu Evreni böyle düşünmek için bir neden yoktur. Paralel evrenler terimi gerçeğe aykırı ve yanıltıcıdır, ama maalesef Çoklu Evren terminolojisinin bir parçası haline gelmiştir; örneğin hiç tanışmamış iki insanın paralel hayatlarla benzer kariyer yollarını takip etmesi gibi. Bunu bir benzetme olarak düşünmek

daha iyidir. Tıpkı matematikçilerin hayali faz uzayındaki yönler gibi, bütün çeşitli evrenlerin her birinin birbirine dik açıda bulunduklarını söylemek daha iyi bir benzetme olurdu. Bu da Çoklu Evrenin doğru bir tanımlaması değildir, ama en azından genel tecrübe ettiğimiz şeylerin tamamen dışındaki bir şeyi ifade etmenin esasını bulundurmaktadır. Dolayısıyla Çoklu Evrenin gerçekten doğrudan tecrübe ettiğimiz hiçbir şey gibi olmadığını ve neredeyse eşdeğer teraslı evler sırası gibi bir "kapı komşusu dünyalar" dizisi olmadığını kavrayabiliriz.

Çoklu Evren kütüphanesini düşünün. Düzenli bir kütüphaneci gerçekten tüm kitapları sırasıyla yerleştirebilir, dolayısıyla neredeyse eşdeğer hikâyeler raflarda yan yanadır ve rafta daha uzakta duran kitapta hikâyeler daha da farklılaşır. Ama buna gerek yoktur. Kitaplar herhangi bir sırayla dizilmiş veya basitçe yerdeki bir yığının üstünde olabilirdi, ama hâlâ Çoklu Evren için benzetme görevini görürdü. 10^{500} veya daha fazla kitaptaki hikâyenin belli bir noktaya kadar özdeş olduğu, daha sonra 250 rakamlı bir sayının çarpanlara ayrımının 10^{500} veya daha fazla hesabı olacağı ve daha sonra hesaplamanın sonucunun kayıt edilip hikâyelerin tekrar özdeş hale geleceği yine de doğru olurdu. Önemli olan, kitapları herhangi bir sırada okumanız değil, her kitabın sayfalarını doğru sırayla okumanızdır.

Bir kitabın sayfalarını doğru sırada okumak kolaydır, çünkü numaralandırılmışlardır. Cilt hasar görse ve birkaç sayfa kopsa bile onları hemen doğru yerlerine geri koyabilirsiniz. Hatta, eğer birbirine bağlı değil de, yerde bir yığın halinde duruyor olsalar, onları yine düzgün bir sırada okuyabilirsiniz. Eğer Çoklu Evrendeki bütün kitaplar gerçekten, her biri bağlı olduğu kitaba karşılık gelen bir numara ve kitaptaki yerini belirleyen başka bir numarayla etiketlendirilmiş kopmuş sayfalar yığınından oluşmuş olsa, bütün yığın sizin gibi karmakarışık olabilir ve hikâyeler yine de hâlâ okunabilirdi. Tıpkı gerçekteki gibi olabilirler. Daha da iyisi, her sayfada oraya kadar ki hikâyenin özetini anlatan bir giriş paragrafı olduğunu varsayın. Bu özet, hemen önceki sayfalarda ne olduğu hakkında tam olarak doğru bir bilgi ve hikâyenin çok daha öncesine ait detaylar hakkında belirsiz bir bilgi verebilir. Yığından rastgele bir sayfa alabilir,

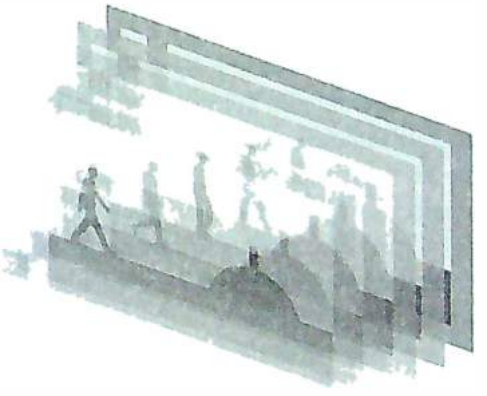
hangi "tarihe" ait olduğunu görebilir, oraya kadar ki hikâyenin ana hattını çözebilir ve hikâyenin o noktasında ne olduğuna dair detaylı bir açıklama alabilirsiniz.

Eğer her bir kitaptaki her sayfa zamandaki bir noktaya karşılık geliyorsa, bu kendi evrenimizdeki günlük tecrübemize benzer. Bize yakın geçmişle ilgili detay sunan ve daha uzak geçmişle ilgili daha az detay içeren hem fiziksel kayıtlarda hem de hafızalarımızda geçmişin kayıtlarını tutarız ve şu an ne olduğuyla ilgili net ve detaylı bir "bakışa" sahibizdir. Zamanın "sürekli çağlayan bir akıntı" gibi olduğuna dair izlenimimiz vardır; ama farklı olduğumuz nokta şimdiki an ve geçmişle ilgili hafızalarımız, özetlerimizdir. Bu gerçekten ilginç bir hikâyeyi okuyup, sayfaları çevirdikçe her dakikayı karakterlerle beraber yaşamamızdan çok mu farklıdır? Ben kütüphane zemininde numaralandırılmış sayfalardan oluşan karmakarışık yığınlar görüntüsünün sadece saf bir benzetme olduğuna inanmıyorum, aynı zamanda Çoklu Evrenin yapısına özgün bir anlayış getirdiğini düşünüyorum.

Bu fikri tamamen kendimin oluşturmadığını itiraf ediyorum. Böyle bir şeyle daha önce 1966, Fred Hoyle'un bilimkurgu romanı *October the First is Too Late*'de rastlamıştım. Bu kitapta, Hoyle'un karakterleri, rastgele Dünya'nın farklı yerlerinde farklı zamanlarda yaşadıkları, zamanda oluşan bir karmaşıklıkla karşılaşırlar. Hikâyedeki bilim adamlarının birinin açıkladığı gibi, "Hawaii'de 1966'nın Ağustos ortası, İngiltere'de 1966'nın 19 Eylülü, diğer bir Amerikan anakarasında sanırım 1750 yılından öncesi, Fransa'da 1917 Eylülün sonu yaşanıyor." Hoyle kitabın okuyucusuna, kurgu olmasına rağmen bir notta şöyle ifade eder, "zamanın önemi ve bilincin manasının irdelenmesi oldukça ciddi planlanmıştır". Hoyle'un müdürü olduğu Cambridge'teki Teorik Astronomi Enstitüsünde öğrenciyken, bu sözle ne kastettiğini teyit edebilmekte yeterince şanslıydım ve ona kitap hakkında soru sordum. Yani bununla, zamanın yapısına dair ne söylemiş olabilirdi ki?

Hepsi Ne Zaman Olur?

Hoyle'un kelimeleriyle konuşarak ve Hoyle'un bana bir fizikçi olarak gerçekliğin yapısı hakkında teyit ettiği görüşünü sunarak, Hoyle'un romanındaki bilim adamı ilk olarak dünyayı uzayzaman ve görelilik teorisi açısından tanımlar. "Eğer Dünya'nın Güneş etrafındaki hareketini düşünürseniz," der, "bu dört boyutlu uzayzamanda bir spiraldir. Bu spiraldeki bir noktayı belirleyip bu özel noktanın şimdiki zaman olduğunu söylemekte şüphe yoktur." Bu genel olarak gerçekliğin "kalıp evren"* modeli olarak bilinir ve der ki, zamandaki tüm anlar uzayzamanda tıpkı uzaydaki tüm konumların var olduğu gibi var olur; 1452 veya 3173, onları tecrübe etmiyor olsak da en az bugün kadar gerçektir, tıpkı Londra'da yaşıyor olsanız da, New York veya Mumbai'nin en az Londra kadar gerçek olması gibi. Görelilikçilerin çoğu buna önem vermemeyi seçse de, kalıp evren aslında genel görelilik teorisinin tek mantıklı yorumudur.



Kalıp evren kavramı üzerine bir sanatçı illüstrasyonu.

Daha sonra, Hoyle bir göz veya çekmece yığını (makineleşme öncesi postanelerdeki ayırma odalarında kullanılanlar gibi kü-

* Block universe –çn.

çük kutular) benzetmesi yapar. Numaralandırılarak sıralanmış, sonsuz bir küçük kutular dizisi. Her gözde, sıradaki diğer gözlerin içeriğini tanımlayan, belki sayfalara yazılmış veya bilgisayarda depolanmış şekilde bilgiler olacaktır. Numaraları azalan gözlerdeki içerikler hakkındaki bilgi oldukça doğru olacaktır, ama numaraları yükselen gözlerdeki bilgi belirsiz ve bazen çelişik olacaktır:

> İncelemiş olduğunuz belirli bir göze, şimdiki zaman diyeceğiz. Oldukça doğru ifadeler bulduğunuz daha önceki gözlere geçmiş zaman diyeceğiz. Doğru ifade açısından içinde çok fazla şey olmayan daha sonraki gözlere, gelecek diyeceğiz... Gerçek dünya da oldukça buna benzer. Gözler yerine, durumlardan bahsederiz.

Bu "durumlar" kelimesiyle, Hoyle okuyucularını korkutmamak için onlara anlatmasa da, kuantum teorisinin fikirlerini sunmaktadır. Basitçe onlara der ki, büyük bir sayıdaki durumlarda bir bölünme vardır ve herhangi birini seçmek şimdiki zamanı oluşturur. Daha sonra, bir ışık demetinin rastgele göz yığınında, önce bir gözü, daha sonra bir diğerini herhangi bir sırayla ışıklandırarak dans edebileceğini önerir. Eğer ışık bilinci "açarsa", o zaman bilinç tıpkı bizimki gibi her zaman geçmiş ve geleceğin farkında olacaktır ve zamanın sürekli akışını tecrübe edecektir.

Şimdi sadece bir yığın göz değil, biri veya diğeri arasında rastgele açılan aynı ışık tarafından her biri ışıklandırılmış, iki ayrı göz dizisi hayal edin. Hikâyenin amacına uygun olarak, Hoyle her göz dizisinin değişik bir insan farkındalığına denk geldiğini söyler: "Bir göz dizisi senin sen dediğin şeydir, diğeri benim *ben* dediğim şeydir." Ama benim bu kitapta tanımladığım dünya görüşü içeriğinde, bir göz yığını bir evrene karşılık gelir, diğeri de başka bir evrene. Çoklu Evrende sonsuz sayıda yığın olabilir ve bizlerin her şeyi açan, dans eden ışık noktaları için endişe etmesine gerek olmayabilir. Her kuantum durumu, aşağı yukarı doğru geçmiş hafızasıyla ve geleceğe doğru belirsiz değerlendirmesiyle bütündür.

Hoyle'un kitabının kalbindeki fikir, tüm farklı zamanların eşit derecede geçerli kuantum durumları olduğudur. Bilimsel çalışmasında bu fikri hiç geliştirmese de, özellik David Deutsch

ve bir başka Oxford fizikçisi olan Julian Barbour olmak üzere diğer bilim adamları tarafından detaylıca geliştirilmiştir. Bu fikirleri ünlü sözünde kısaca özetleyen Deutsch'tur: "Diğer zamanlar sadece diğer evrenlerin özel durumlarıdır." Gerçi belki de "özel" niteliği gerçekten gerekli değildir.

Bu fikrin çağdaş versiyonlarını kavramanın en iyi yolu, Hoyle'un yaptığı gibi kalıp evren modeliyle başlamaktır. İsim, bir dilim kek gibi dört boyutlu bir "kalıba" yerleşmiş evren fikrinden gelmektedir. Uzayzaman içinde hiçbir şey hareket etmez, ama zamandaki anlar olarak düşündüğümüz şeyler kalıptaki dilimlerdir. Eğer zaman boyutu kalıbın bir yanı boyunca bir doğrultuyla temsil ediliyorsa, durgun bir gözlemci olarak düşündüğümüz şeyin bakış açısı zaman eksenine dik açıda olan dilimlerle temsil edilir. Hareket eden gözlemciler, şeyleri farklı görürler, çünkü zamanın anları uzayzamana farklı açılarda bulunan (hızlarına bağlı olarak dik açılarda) dilimlere karşılık gelir. Tüm bunlar Einstein'ın denklemlerinden elde edilen, hareket eden saatlerin yavaş ilerlemesi ve hareket eden nesnelerin doğrultusu yönünde büzülmesi gibi, hareketin gözlemcinin evren görüşünü nasıl değiştirdiği açıklamasıyla uyuşmaktadır. Burada nedenlerin her zaman neden oldukları etkilerden daha önce olmaları şartı önemlidir; örneğin birinin anahtarı çevirip ışığı yakmasından önce bir gözlemcinin ışığı görmesini sağlayacak şekilde uzayzamanı dilimleyemezsiniz.

En basit şekliyle, gelecek geçmiş kadar sabit olduğu için, kalıp evren modeli özgür irade olasılığını ortadan kaldırıyor gibi gözükür, ama göreceğimiz gibi, kuantum fiziği bunu değiştirir. Şimdilik bunu bir kenara bırakacak olursak, tıpkı Hoyle'un çekmece gözü benzetmesinde olduğu gibi, uzayzamandaki her dilim geçmişin bir tarihini içermektedir ve Deutsch bu durumda şuna işaret eder: Uzayzaman çok ince bir şekilde dilimlenmiş olsaydı, bir deste kâğıt gibi karıştırılıp karmakarışık olan zamanın anlarıyla beraber geri yapıştırılsaydı, uzayzamanın sakinleri hiçbir değişiklik fark etmezlerdi. Bu tıpkı kozmik kütüphanedeki karmakarışık sayfalar gibidir. Hangisini okuyor veya yaşıyor olursanız olun, sayfaların veya dilimlerin bizim geçmiş dediğimiz şeyde olduklarını bilirsiniz ve gelecekteki sayfa veya

dilimleri bilmezsiniz. Deutsch uzayzamandaki bu dilimlere enstantaneler der ve şöyle ifade eder:

> Bu enstantanelerin herhangi biri, fizik yasalarıyla beraber, sadece diğerlerinin ne olduğunu değil, onların sırasını ve dizideki kendi yerini de tespit eder. Başka bir deyişle, her enstantane fiziksel içeriğinde şifrelenmiş bir zaman mührüne sahiptir.

Barbour'ın enstantane toplamasını başka bir şekilde açıklar. Onları bir uzayzaman kalıbı yapmak için geri yapıştırmaya hiç de gerek yoktur; basitçe, onun deyişiyle "bir yığın", anların karmakarışık bir toplaması olabilirler.[7]

Şimdi bunu Çoklu Evren anlayışına ekleyin. Eğer Çoklu Evren bir uzayzaman kalıpları toplamıysa, onlar yan yana istiflenmiş veya birini diğerinin üstünde, yani paralel evrenlerin eski tasarımı gibi hayal edebiliriz. Ama eğer her evren anların karmakarışık yığınından ibaretse, o zaman Çoklu Evren de anların karmakarışık bir yığını, tüm olası evrenlerin tüm olası durumlarının birlikte karışıp oluşturduğu daha büyük bir yığınıdır. Dışarıdan (herhangi bir dışarısı olduğundan değil!) herhangi belirli olayın hangi zamana karşılık geldiğini söylemenin mümkün olmamasından çok, herhangi belirli bir olayın hangi evrene karşılık geldiğini söylemenin yolu yoktur. Bu yüzden Deutsch diğer zamanların diğer evrenlerin özel durumlarından ibaret olduğunu söyler. (Ben de ayrıcalıklı, özel olmadıklarını söylerim.) Tüm olası kuantum durumları, tüm olası evrenlerdeki zamanın tüm anlarına karşılık gelerek var olmaktadır.

Ve kuantumun çizdiği resim bize özgür iradeyi geri verir. Eğer uzayzamanın donmuş bir kalıbında tek bir evren olsaydı, özgür irademiz olmazdı. Ama eğer tüm olası gelecekler var oluyorsa, o zaman biz de gerçek anlamda gelecekler içinden bir tercihe sahibizdir. *Schrödinger'in Kedisinin Peşinde*'yi yazdığımda, John Lennon'dan alıntı yaparak kuantum fiziğinin yapısını özetlemiştim: "Hiçbir şey gerçek değildir." Son yirmi beş yılda öğrendiklerimle beraber, şimdi fikrimi değiştirebilir ve *her şe-*

7 Bu konudaki Barbour'ın çeşitlemesinin en kısa özeti, Lee Smolin'in *The Life of the Cosmos* kitabında bulunabilir.

yin gerçek olduğu konusunda Deutsch ve Barbour'la hemfikir olabilirim. Ama diğer zamanlar diğer yerler kadar gerçekse ve biz diğer yerlere yolculuk yapabiliyorsak, diğer zamanlara da yolculuk yapmak mümkün olabilir mi?

Zaman Kaymaları

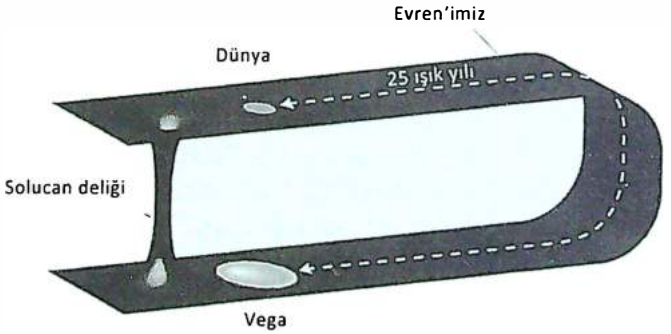
Sahip olduğumuz uzay ve zamanın en iyi tanımlaması genel görelilik teorisidir. Karşısına çıkarılan tüm testlerden geçmiştir; kütleçekimsel radyasyondan enerji kaybettikçe birbiri etrafında dönen ve beraber spiral çizen iki nötron yıldızı örneğindeki uç noktadan, Dünya yörüngesinde dönen bir uzay gemisinin içinde ağırlıksız dönen bir jiroskobun güç bela algılanır titreşimlerindeki inceliğe kadar geniş şartlar altında, madde varlığında çarpık uzayzamanın gözlemlenen davranışını doğru tanımlar. Genel göreliliğin en dikkate değer özelliği zaman yolculuğu olasılığına imkân vermesidir. Şu anki zaman anlayışımızda, bir yolcunun uzayzamanda, hem uzay hem de zamanda yolculuğun başladığı noktada bitecek bir yolculuğa götürecek yolu takip etmesini imkânsız kılan bir şey yoktur. Bu da zamanda geriye gitmenin yolculuğun bir parçası olduğunu söyler.[8]

Elbette, bizi böyle bir yolculuğa çıkartabilecek bir makine inşa etmek oldukça zordur ve bunu sağlayacak teknoloji bugün var olan her şeyden çok daha farklı olacaktır. Ama asıl nokta bunun imkânsız olmamasıdır. Konunun detaylarını başka bir yerde ele almıştım;[9] burada bir solucan deliği olarak adlandırılan özel bir zaman makinesinin olası varlığından kaynaklanan Çoklu Evren anlayışımız için çıkarımlara yoğunlaşmak istiyorum. Bu ister istemez, geçmişten geleceğe akan zamanın insan algısına karşılık gelen günlük dilin kullanımını içerir; ama tanımladığım uzayzaman boyunca olan yollar Çoklu Evren içindeki farklı kuantum durumlarını bağlayan yollar olarak düşünülmelidir; bu yollar boyunca gerçek yolculuklar olarak değil.

8 Genel görelilik bize aynı zamanda zaman makinesinin icat edildiği tarihten önceki bir tarihe geri gidilmesinin imkânsız olduğunu söyler, ki bu da bugün dünyamızda neden hiç gelecekten ziyaretçinin olmadığını açıklayabilir.

9 *Time Travel for Beginners*, John Gribbin ve Mary Gribbin, Hodder, 2008.

Kuantum fiziği gizeminin temeli iki delikli deneyde kısa ve öz olarak anlatılmıştır. Bu deneyin zaman yolculuğu versiyonu da iki delik içerir, ama bunlar uzay ve zaman içinde bir tünel olan bir solucan deliğinin iki ters ucundadır. Bilinen fizik yasalarına göre, karadelikleri işleyebilecek kadar gelişmiş bir teknolojik medeniyet, bir diğerine göre geçmişte bulunan tünelin iki ağzının uzayda yan yana durdurduğu böyle bir solucan deliği kurabilir. Ya da, keşfedilmeyi bekleyen böyle solucan deliklerinin evrende doğal olarak bulunabilmesi mümkündür. Ne yazık ki, doğal bir solucan deliği bulmak için gereken uzay araştırma teknolojisi, bunlardan en az birini yapmak için gereken teknoloji kadar gelişmiş olmak zorundadır. Ama eğer doğal veya yapay böyle bir solucan deliğiniz olsaydı, bir deney nesnesini ilk deliğe girmeden önce diğer delikten dışarı çıkacak şekilde bir deliğe göndermek mümkün olurdu.



Solucan deliği ve onun evrende nasıl bir bağlantıya yol açabileceğini gösteren bir çizim.

Bu sadece hayali bir deney olduğu için, herhangi bir yerdeki laboratuarda çalışılan, uygun olarak küçük boyuttaki bir düzenek, sadece bilye gönderilebilecek büyüklükte bir solucan deliği hayal ederek çıkarımlara bakabiliriz. Bu basit örnek, zaman yolculuğuyla ilgili paradoks adını verdiğimiz felsefi problem olasılığını açıklamak için yeterlidir. Eğer geçmiş zaman ağzını terk etmiş bilye, bunu önceki kendisiyle çarpışıp yönünden

saptırtacak şekilde gerçekleştirip, solucan deliğine girmezse ne olur? O zaman sapmayı gerçekleştirecek zamanda ortaya çıkmış olamaz, dolayısıyla deliğe girmiş olmalıdır, dolayısıyla saptırılmış olmalıdır... vs. Ama aynı zamanda bilyenin, geçmiş ağzından çıkıp genç haline tam onu gelecek ağzına yönlendirip kendiliğinden sürekli döngü oluşturabilecek olası yollar da vardır. Etkileşmeden sonra, geçmiş ağızdan çıkıp kendi yoluna giden bilyenin versiyonu standart fizik yasalarına uyar. Amerikalı Kip Thorne ve Rus Igor Novikov gibi araştırmacılar, bu tür paradoksal olasılıklar için bilmeceye sonsuz sayıda kendi içinde tutarlı "çözümler" olduğunu matematiksel olarak kanıtlamışlardır.

Bu araştırmacılar, eğer gerçek bir bilye böyle bir gerçek solucan deliği düzeneğiyle karşılaşırsa neyin görüneceğini açıklamak için kuantum fiziğinin Birçok Dünya yorumunu kullandılar. Uzaktan bakarak bilyenin tam olarak solucan deliğinde hangi yolu takip ettiğini söylemek imkânsızdır. Tek gördüğünüz bilyenin iki deliğe ilerlediği, onlarla bir şekilde etkileşime girdiği ve daha sonra iki deliğin civarını terk ettiğidir. Bunun tamamen, iki yarıklı deneydeki bir foton veya bir elektronun davranışına karşılık gelir. İki deliğe yaklaşır, onlarla bir şekilde etkileşime girer ve diğer tarafta ortaya çıkar. Thorne ve meslektaşları, böyle bir durumda bilyeye ne olacağı hakkında işe yarar tek açıklamanın, tüm olası yolların tek bir son durum gibi gözüken şeyi oluşturmak için birbiriyle girişim yaptıkları olduğunu buldular. Novikov ve meslektaşları, sadece denklemlerle yapılan, kendinden tutarlı çözümlerin kuantum fiziği kurallarını tatmin ettiği kanıtladı. Paradoksal yollar girişim sayesinde birbirlerini yok ederler. Deutsch'un diliyle, tüm evrenler zaman yolculuğu etkileşimi olduğu noktaya kadar aynıdır, daha sonra farklı evrenlerde anlatılan hikâyeler birbirinden ayrılmaya başlar, ama etkileşimin diğer tarafında hikâyeler bir kez daha aynı olur ve her zaman kendiliğinden tutarlı bir hikâye anlatırlar. Ya da belki de, evrenler zaman deneyinin diğer tarafında özdeş değildirler; belki de bu gerçekten tarihlerin farklılaştığı Çoklu Evrende bir yer işaretler, ama hikâyelerin tümü hâlâ kendinden tutarlı olmalıdır.

Birçok Dünya yorumu bununla birlikte, zaman yolcuğu perspektifimizi bilyelerden insan ölçeğine genişlettiğimizde para-

doksları nasıl önleyebileceğimizi de açıklar. Farz edilen paradokslar birçok bilimkurgu hikâyesinden tanıdıktır. Bir zaman makinesi inşa ettiğimi, sonra geçmişe gittiğimi ve ebeveynlerimin birbirleriyle karşılaşmalarına engel olduğumu varsayın. Bu durumda asla doğamazdım, ebeveynlerim bir araya gelemezdi vs. Bir zaman makinesinin kendisinin inşa edildiği tarihten önceye seyahat edemeyeceğini bir kenara bırakırsak (belki de uzaylılar tarafında binlerce yıl önce Dünya'da bırakılmış bir zaman makinesi buldum), bilmece Çoklu Evrende basitçe çözülür. Zamanda geçmişe giderim ve gerçekten ebeveynlerimin karşılaşmasını durdurabilirim, ama bu başka bir evrende meydana gelir. Benim geldiğim dünyada, ebeveynlerim tanışır ve ben doğmuşumdur. Bilimkurgu yazarları bazen bu böyle bir fikri, evrenin çok dallı bir ağaç gibi olduğu resmin çerçevesinde kullanırlar; geçmişe yolculuk etmenin "ağacın gövdesine doğru kaymayı" içerdiğini ve zaman yolcusu tarafından geçmişte meydana getirilmiş herhangi bir değişikliğin ana gövdeden büyüyen tarihin yeni bir "dalı" olarak sonuçlandığını söylerler. Ama üzerinde durduğum gibi, ana bir gövde ve "yeni" dallar diye bir şey yoktur, sadece farklı geçmişleri olan farklı evrenler vardır.

1066'ya yolculuk ettiğimi ve Hastings Muharebesinde Normanlar'ın kaybetmesini sağlamak için gizlice Anglosaksonların tarafında yer aldığımı varsayın. Bu İngiltere'nin gerçekten İngiliz kaldığı yeni bir tarih "yaratmazdı". Böyle bir tarih zaten var olmaktadır; I. William'ın Hastings Muharebesini kaybettiği birçok evren olmalıdır. Aslında, William'ın kazanma olasılığı o kadar düşüktür ki evrenimizde yardımsever bir zaman yolcusundan yardım aldığını düşünmek neredeyse çok caziptir. Eğer bu özel yolculuğa olanak sağlayacak kadar eski bir zaman makinesi veya solucan deliği varsa, o zaman bizim evrenimize çok benzeyen bir evrendeki bir yolcunun (ama muhtemelen ben değil!) Anglosaksonların kazandığı tarihlerden birine karşılık gelen Çoklu Evren kuantum durumuna, "zamanda geçmişe giderek" yolculuk ettiği bir tarih versiyonu gerçekten vardır. Diğer taraftan, gelecekten gelip bugün bizi ziyaret eden bir yolcu, bizimkine çok benzer bir geleceği olan bir evrenden gelmiş olsa bile "bizim" geleceğimizden gelmemiş olur. Yolcunun kendi evi

olan evrende bir felaket zaten olmuş olsa bile bizi zaman içinde olması yakın felaketi değiştirmemiz için uyarabilirdi.[10] Ama hiçbir şey gerçekten bunlar yüzünden değişmez; Çoklu Evrenin görünümü farklı durumlarla bağlantılı, farklı yollarla değişmeden kalır. Bir kez daha, Deutsch her şeyi düzgünce özetler:

> Geçmişe yönelik zaman yolculuğu ister istemez etkileşen ve birbirine bağlı çeşitli evrenlerin içinde yapılmış bir işlem olur. Bu işlemde katılımcılar zamanda her ne zaman seyahat ettilerse, bir evrenden diğerine genel bir yolculuk yaparlar.

Daha Geniş Ufuklar

Deutsch'un bahsettiği ufuklar çok sınırlı olsa bile bir anlam barındırır. Onun Çoklu Evren görüşünde, 2. Bölümde açıkladığım "rastlantısal" sayıların değerlerinin bizim Evrenimizdeki değerlerden farklı olduğu evrenler yoktur. Bu, kuantum bilgisayarları ve zaman yolculuğu irdelenirken yeterince mantıklıdır. Bu tür şeyleri mümkün kılmak için gerekli olan dünyalar arası girişim sadece birbirine yeterli derecede benzeyen ve karbon çekirdeğindeki enerji seviyeleri veya kütleçekimin kuvveti gibi sayıların aynı değerlere sahip olduğu evren kopyaları arasında işler. Ama daha geniş bir perspektiften bakılırsa bir anlamda, kütüphane benzetmesinde kuantum fiziği düşünüldüğü sürece şeylere doğru bir şekilde bakmanın kesin bir yolu olmadığını açıkça belirtilmesine rağmen, eğer Çoklu Evrende daha uzağa bakabilirsek, fiziksel sabitlerin farklı değerlerde olduğu sonsuz çeşitlilikte bir evrenler dizisi hayal edebiliriz. Bu sonsuz Çoklu Evrenin her alt kümesinde (sabitlerin aynı olduğu her evren kümesinde) Deutsch, Barbour ve diğerlerinin tanımladığı tüm senaryo gerçekliğin iyi bir açıklamasıdır. Üstelik tüm bu alt kümeler sonsuz olabilir, çünkü sonsuzluk gerçekten çok büyüktür.

Bu bizi apaçık bir soruya yöneltir. Kendimizi sadece, yaklaşık 14 milyar yıl önceki bir Büyük Patlamadan ortaya çıkmış,

10 Bu konu üzerinde merak uyandıran bir çeşitleme için *bkz.* Gregory Benford'un *Timescape* (Simon & Schuster, 1980).

etrafımızda gördüğümüze çok benzeyen bir sonsuz bir evrenler altkümesine sınırlandırırsak, ikinci bölümde irdelenmiş sayılar *nasıl* değişmiş olabilir? Evrenimizdeki bu sayıların nasıl düzenlendiğini tam olarak bilmediğimiz gerçeğini akılda tutarak, ortada sunulacak çeşitli olası açıklamalar vardır. Bunlardan her biri sonsuzluğun başka bir şekilde ele alınmasıyla doğru olabilir ya da Çoklu Evrenin doğasını düşünerek, hepsi birden doğru olabilir. Hepsi yanlış da olabilir. Ama şu an bulunan kozmik rastlantıların en iyi açıklamalarıdır ve bir göz gezdirmeye değerdirler. En basit, en eski, belki de en az tatmin eden olasılıkla başlayacağım.

4

TÜM DOĞRULTULARDA SONSUZ

Evrenin sonsuz olduğu fikri dört yüzyıldan daha öncesine gitmektedir. Önceden bahsettiğim gibi, Thomas Digges bilimsel bir yayında Evrenin sonsuz olabileceğini öneren ilk kişidir. Digges'in babası Leonard, 1550'ler civarında teodoliti icat etmiştir ve bunu çalışmasında hem bir teleskop hem de arazi ölçüm cihazı olarak kullanmıştır. Bu icat, yapı işleri ve askeri çalışmalarının ölçümlerdeki değeri yüzünden uzun süre gizli tutuldu. Thomas Digges babasının bilimsel ayak izlerini takip etti ve sonsuzluk hakkındaki fikirleri aslında 1559 yılında ölen babası tarafından yazılan bir kitabın elden geçirilmiş ve genişletilmiş bir versiyonundaki bir ekte, 1576'da göründü. Digges, Evrenin uzaysal kapsamda sonsuz olduğunu ileri sürdü. Kendi sözleriyle,' "yıldızlar küresi, güneş etrafında küresel yükseltide sonsuz bir şekilde kendisini uzatarak düzene oturmuştur."

Görüşü o zamanlar yer etmemiş olsa da, eski uygarlıkların Evreni düşünüş biçimlerinden ciddi bir farklılık göstermiştir. Örneğin Yunan filozoflar, anlaşılır sebeplerden dolayı uzaysal sonsuzluk fikrinden rahatsızlık duyuyorlardı. Sonsuzluk sade-

ce çok sayı değil, hayal edebileceğiniz en büyük sayının biraz daha fazlasıyla toplamı gibidir; tamamen bambaşka bir şeydir. Sonsuzluğun garipliğini kavramaya başlamanın en iyi yolu, ilk önce tüm tamsayıları göz önünde bulundurmaktır; 1, 2, 3, 4, 5 vs sürekli devam eden bir matematiksel dizi oluştururlar, dolayısıyla bu sonsuz bir dizidir. Düşünebileceğiniz sayı ne olursa olsun, her zaman bir ekleyerek elde edilen daha büyük bir sayı vardır. Şimdi tüm çift sayıların dizisini düşünün; 2, 4, 6, 8 vs. İlk bakışta bu set ilk setten küçükmüş gibi görünür, çünkü tüm tek sayıları dışarıda bırakmışsınızdır. Elbette sadece ilk setteki sayıların yarısı kadar sayı içeriyordur. Ama basitçe ilk setteki tamsayıların hepsini ikiyle çarparak ikinci setteki her sayıyı elde edebilirsiniz. Dolayısıyla ikinci setteki her sayı birinci setteki bir sayının ikiyle çarpımından oluşur. 1 ile 2 bir çift oluşturur, 2 ile 4, 3 ile 6 vs. Bu durumda, iki set de aynı büyüklükte gözükür, çünkü bir setteki her rakamın diğer sette özgün bir karşılığı vardır. İki adet sonsuzunuz vardır, biri diğerini içeren, ama her biri diğeriyle aynı büyüklükte olan!

Uzaysal şartlarda, sonsuz bir evrende sadece her şeyin olmasının mümkün olması için değil, aynı zamanda her birinin içinde sonsuz sayıda sonsuz evrenler olması için de yer vardır. Eski uygarlıkların neden bu fikirden çekindikleri ve Evrenin sonlu ve bir gökküre ile sınırlı olduğunu hayal etmeyi tercih ettiklerinde şaşılacak bir şey yok. Örneğin Aristoteles, sonsuzluk fikrini matematikte ele almaktan mutluydu, ama *Fizik* eserinde açıkça demiştir ki, "gerçek bir sonsuzluk olamaz." Diğer taraftan, Aristoteles gibi filozoflar Evrenin başlangıcı olabileceği fikrinden huzursuzlardı, çünkü bu zamanın bir başlangıcı ve belki de sonu olduğu anlamına gelebilirdi. Dolayısıyla Evrenin zaman içerisinde sonsuz olması fikrini kabul etme arzusu duyuyorlardı. Bu neredeyse görünür Evrenin standart çağdaş kozmolojik görüşünün tam tersi anlamına gelir. Bugün kozmologlar Evrenin uzayda sonsuz olduğu fikrini ele almaktan memnunlar, ama standart modelleri zamanda kesin bir an olan 13,7 milyar yıl önceki Büyük Patlamadan başlamaktadır. Ama eğer Evrenimiz Çoklu Evrenin sadece bir bileşeniyse, Çoklu Evrenin kendisi belki de her doğrultuda, uzayda olduğu kadar zamanda da sonsuz olabilir.

Astronom James Jeans 1930 yılındaki kitabı *The Myterious Universe*'de yazdığı gibi, "eğer evren yeterli uzunlukta süregeliyorsa, her düşünülebilir tesadüfün zaman içinde olması muhtemeldir." Bir mertebeye kadar açık olan bu ifade, zamandan ne anladığımıza ve zamanın akışı anlayışımızın etrafımızda gördüğümüz genişleyen Evrenin düzenli yapısıyla ilişkisine bakarak nasıl güvenli bilimsel temellere oturtulabilir?

Zamanın Okları

Düzen ve zaman arasındaki ilişki günlük tecrübelerimizden aşikardır. Geleneksel örnek bir buz küpünün bir bardak suda erimesidir. Buz erimeden önce, bardağın içindekiler, buz ve sıvı suyun birbirinden ayrı olduğu, düzenli bir durumdadırlar. Kelimeler veya matematikle, durumu açıklamak için belli bir bilgiye ihtiyacınız olabilir. Buz eridikten sonra, daha az düzen vardır, ki bu da daha az bilgi ve daha az karmaşıklık demektir. Tüm sahip olduğunuz basit bir sıvıdır. Durumu açıklamak için daha az kelime veya daha basit denklemler gerekir. "Bir bardak su" açıklaması, "içinde bir buz küpü olan bir bardak su" açıklamasının yerine geçer.

Bu anlamda "düzen" derken bahsettiğimiz şey, düzenin azalmasının entropinin artmasına karşılık gelecek şekilde entropinin daha bilimsel kesin bir kavramıyla bağlantılıdır. Kendi yöntemlerine bırakılmış, dış dünyadan etki görmeyen, bir bardak sudaki buz küpleri gibi şeyler, her zaman entropinin yükseleceği, karmaşıklığın ise azalacağı yönde değişim yaparlar. Bununla beraber, "kendi yöntemlerine bırakılmış" uyarısı çok önemlidir, çünkü bu kural sadece kapalı sistemler denen şeyler için geçerlidir. Dünya'daki yaşamın karmaşıklığı, zaman ilerledikçe entropinin azaldığı bir sistem için belirgin bir örnektir, ama bu sadece Dünya'daki yaşam dışarıdan; Güneş'ten enerji tedarik ettiği için mümkündür. Bir bütün olarak güneş sisteminin entropisi aslında Dünya'daki yaşamın günümüzdeki karmaşıklığına evrimleşmesi için süren milyarlarca yıl boyunca artmıştır.

Zaman hikâyenin içine girer, çünkü hepimizin zamanın akıyor gibi göründüğüne dair kesin bir fikri vardır. İçi buz küpü

dolu bir bardak suyla başlarsınız ve sadece içinde su bulunan bir bardakla sona varırsınız. Buz küpünün asla kendiliğinden bir bardak suda kendini moleküllerine bozduğunu göremezsiniz. Yükselen entropi yasasının başka bir ifadesi (termodinamiğin ikinci yasası olarak bilinir), ısının sadece sıcak nesneden soğuk nesneye aktığıdır, asla başka türlü olmaz. Geçmiş dediğimiz şeylerle gelecek dediğimiz şey arasında apaçık bir fark vardır. Ama bir zaman akışı algılıyor olmamızın, zorunlu olarak bir zaman akışı *olduğu* anlamına gelmediğini hatırlayınız. Şüphesiz düşük entropiden yüksek entropiye yönelmiş bir zaman oku[1] vardır; ama bu yükselen entropi yönünde hareket eden bir zaman oku olduğu anlamına gelmez. Bu tıpkı, görev olarak kuzeyi gösteren, ama sabit bir yerde bir doğrultuda duran manyetik bir pusula ibresindeki okla, bir yaydan fırlamış, kuzeye veya herhangi başka bir yöne giden ok arasındaki fark gibidir. Zaman okunun göstergesi olarak entropi fikriyle, üçüncü bölümde tanımlanan zamanın yapısı fikirleri arasında çatışan hiçbir şey yoktur.

En azından Çoklu Evrenin bizim bulunduğumuz kısmında, Evrenin kendisi tarafından sunulan başka bir zaman okuna sahibizdir. Geçmiş Büyük Patlama doğrultusundadır; gelecek Evrenin büyüdüğünü gördüğümüz doğrultudadır. Bu, Evrenimizde neden bir termodinamik ok algıladığımızı kavramak için oldukça önemlidir; ama basit termodinamik, sonsuz Çoklu Evren içindeki bizim Evrenimize benzer evrenlerin muhtemel varoluşlarıyla ilintilidir. Bu, atom ve moleküller gibi şeylerin davranışına hükmeden basit yasalar ile termodinamiğin ikinci yasası arasındaki gözle görülebilir çatışma, astronomlar Evrenin genişlediğini bulmadan önce daha düşündürücü olan, ama bugün hâlâ konu ile alakalı olan bir bilmece yüzündendir. Buradaki bilmece şudur: atom molekül ve atom altı parçacık mertebesinde zamanın oku yoktur.

Bunu açıklamak için en alışılmış yol, bir odaya veya sızdırmaz bir kutuya dolan hava moleküllerini düşünmektir. Her şeyi daha basitleştirmek için, soy gaz neon atomları içeren bir kutu

1 Bu ifade 1928 yılında, fizikçi Arthur Eddington tarafından *The Nature of the Physical World* kitabında sunulmuştur.

düşünebiliriz. Bu gaz, kimyasal olarak etkileşmediği için atomların ilişkili olduğu kimyasal etkileşimlerden doğacak karışıklıklar burada söz konusu olmaz. Kutu içine doluşan, birbirleriyle çarpışan ve kutunun duvarlarından seken atomlar, tıpkı küçük sert küreler gibi, yani tıpkı haznenin içinde etrafta seken ufacık bilardo topları gibi davranırlar. Bir masa üzerinde giden gerçek bilardo toplarının davranışından farklı olarak, bu çarpışmalar sürtünme içermez; kutu sabit bir sıcaklıkta ve basınçta tutulduğu sürece, çarpışmaları göstererek bir zaman oku tayin etmenin yolu yoktur. İki atom beraber hareket eder, çarpışır ve biri diğerinden seker; çarpışma hakkındaki her şey tüm fizik yasalarına uyar; eğer daha sonra zamanı ters çevirip çarpışmaları izleseydiniz, her şey hâlâ fizik yasalarına uyuyor olurdu. Bir bardak suda eriyen bir buz kübündeki durumdan farklı olarak, eğer kutunun içindeki gazın durumunun bir dizi enstantanesini çekip karıştırsaydınız, enstantanelerin hangi sırayla çekildiğini söylemenin bir yolu olmazdı. Kutudaki gaz atomlarının davranışında bir zaman okunun izi yoktur.

Bir zaman oku görmek için bir bardak suya atılan bir buz küpüne eşdeğer, dengede olmayan bir durumda bir sistem kurmalıyız ve daha sonra da kararlı bir hale nasıl geldiğini izlemeliyiz. Kayan bir perdeyle ikiye ayrılmış bir kutumuz olduğunu hayal edin. Perdenin bir tarafında, kutunun yarısı neon gazı içerir; perdenin diğer tarafında ise kutudaki gaz boşaltılmıştır, kutu boştur. Hepimiz perde çekildiğinde ne olacağını biliriz; gaz tüm kutuyu doldurmak için yayılacaktır. Şimdi, eğer aynı şeye tersten bakarsak saçma olur; gerçek hayatta gazla dolu bir kutuda atomların aniden kutunun bir tarafına hareket ettiğini ve arkasında vakum bıraktığını görmeyiz. Atom ve molekül seviyesinde bile işleyen bir zaman oku bulmuş gibi gözüküyoruz. Ama işler bu kadar basit değil. Gaz tüm kutuyu doldurmak için genişlerken bile atomlar arasındaki her çarpışma tersinir fizik yasalarına uyar; eğer ters gittiğini görebilseydik her çarpışma kusursuz bir şekilde doğal gözükürdü. O zaman iki atom arasındaki basit bir çarpışma seviyesi ile bir kutuyu doldurmak için çok sayıda atomdan oluşmuş bir gazın genişlemesi arasında, zaman oku nerede ortaya çıkar?

En basit cevap, çıkmadığıdır. Fizik yasaları içerisinde, kutuyu doldurmak için tekrar yayılmadan önce kutudaki tüm gazın kutunun bir yarısına hareket edip arkasında bir vakum bırakacağını söyleyen hiçbir şey yoktur doğrusu; sadece bu tür bir olayın olması yüksek derecede ihtimal dışındadır. Bir kutu gazda son derece fazla sayıda atom vardır ve bu atomların her biri her an herhangi bir yerde olabilir, dolayısıyla ortalamada, kutunun içerisine aşağı yukarı eşit olarak yayılmış olacaklardır. Daha teknik bir dilde söylemek gerekirse, herhangi belirli bir atom, kutunun herhangi bir yerinde olabilmesine rağmen, atomların eşit dağılımına karşılık gelen birçok durum vardır. Tüm atomların aynı anda kutunun bir ucunda olmasına karşılık gelen çok daha az durum vardır; dolayısıyla da bizim bunu görmemiz pek olası değildir. Ama 1890'da Fransız fizikçi Henri Poincaré, çarpışmalarda enerji kaybı olmayan bir kutuda hapsedilmiş "ideal" bir gazın, enerjinin korunumu yasasıyla uygun tüm olası durumlardan er ya da geç geçmesi gerektiğini gösterdi. Atomların kutudaki tüm olası düzenlerinin bir süre sonra olması gerekir ve eğer yeteri kadar beklersek, tüm atomların kutunun bir ucuna hareket ettiğini görebiliriz. Başka bir deyişle; atomlar er ya da geç başlangıç noktalarına geri dönmek zorundadırlar ve eğer yeterince beklersek, yeniden ilk duruma döneriz.

İşte zorluk buradadır. İstatistiksel olarak konuşursak, atomları ilk durumuna geri dönmeleri için gereken zaman; Poincaré çevrim zamanı (veya Poincaré tekrar zamanı)* olarak bilinir ve ilgili atomların sayısına dayanır. Kabaca, Poincaré çevrim zamanı, ilgili atomların sayısına N dersek, 10^N kadardır. Sadece 10 atom içeren bir kutuda, bu 10^{10} saniye olur, yani 300 yıldan biraz daha fazladır. Gazla dolu küçük bir kutu aslında 10^{23} atom içerir, dolayısıyla tekrar zamanı 10'un 10^{23}, kuvveti kadar saniyedir. Ama Evrenin yaşı (Büyük Patlamadan bu yana kadar olan zaman) sadece yaklaşık 10^{17} saniyedir. 10^{17} ile 10^{23} (1'i 23 adet sıfırın takip ettiği sayı) arasındaki fark, Evrenin tüm yaşantısı boyunca gazın kutunun bir ucuna doğru hareketini görmenin istatistiksel olasılığının (olasılıksızlığının) bir ölçümüdür; göreceli olarak küçük bir Poincaré çevrim zamanıyla ilişkilendi-

* Poincaré cycle time (Poincaré recurrence time) –çn.

rilmiş bu tamamen önemsiz olasılık, küçük ölçekte ebedi olan bir dünyanın büyük ölçekte bir görünür zaman okuna nasıl da sahip olabileceği bilmecesine standart bir çözüm sağlar; zaman oku sadece istatistiksel bir yanılsamadır. Eğer bir bardak suyu yeterince uzun gözlemleyebilseydiniz, Evrenin yaşının çok fazla katı kadar, gerçekten de er ya da geç, ortada bir buz parçası oluşurken su kütlesinin gittikçe ısındığını görürdünüz.[2]

Eğer Evrenin tipik Poincaré çevrim zamanından çok daha az, gerçekten sınırlı bir yaşı varsa, algılanan zaman okunun ikna edici bir açıklaması vardır. Ama eğer Çoklu Evren sonsuz derecede yaşlıysa, daha az ikna edicidir. Çoklu Evren terimini kullanmadıysa da, Avusturyalı fizikçi Ludwig Boltzmann, 1890'ların ortasında Poincaré'in görüşündeki ölümcül hatayı gösterdi. Özü itibariyle önerisi, görünür Evrenimizin sonsuz, ölümsüz ve ebedi bir entropi dünyasında şans eseri ortaya çıkmış, geçici bir düşük entropi baloncuğu; yani kutunun bir ucuna hareket eden tüm gazın kozmik karşılığı olduğuydu. Eğer öyleyse, Evren gerçekten Jeans'in bahsettiği bu rastlantılardan sadece biridir. Bu görüş, Evrenin genişlemesi ve sonlu bir zaman önce Büyük Patlamadaki başlangıcı için kanıtın bulunmasıyla gözden düşmüştür; ama yine de Çoklu Evren kavramı çerçevesinde, ciddi bir şekilde ele alınmasında yarar vardır. Bu görüşün gücü, termodinamiğin yasalarına göre, Evrenimizin doğal durumunun ne olması gerektiği ele alınırken görülebilir: Bu 1850'lerden beri bilim adamlarını düşündüren bir konudur.

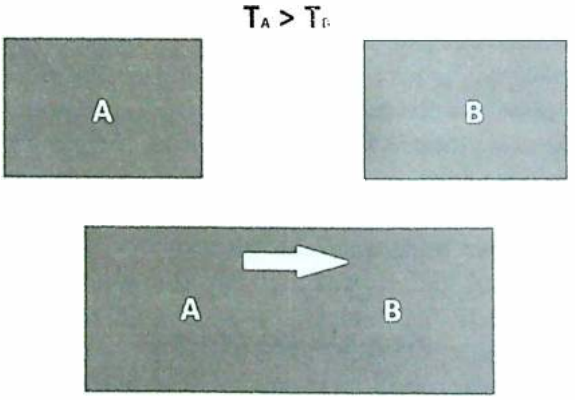
Evrenin Isı Ölümü

Evrenin en garip özelliği, karanlık bir gökyüzünde saçılmış parlak yıldızlar bulundurmasıdır. Tüm bu yıldızlar, ısının sıcak bir yerden, soğuk bir yere aktığı kuralına uygun olarak, soğuk Evrene ısı enerjisi savurmakla meşguldür. Eğer bu sonsuza kadar devam ediyor olsaydı, yıldızlar arasındaki uzay, yıldızların kendileriyle aynı olan bir sıcaklıkta, radyasyonla dolu olurdu ve Evren dengede olmuş olurdu. Alternatif olarak, eğer yıldızların

2 Ya da, 10^{23}'te 1'den daha küçük bir olasılıkta, bir bardak suya bir sonraki bakışınızda gerçekleşebilirdi.

sönmesi için yeteri kadar uzun süre beklersek, tüm Evreni bir yıldızın sıcaklığına getirecek kadar ısı üretemeyecekleri için, yıldızlar soğuk çevreleriyle dengede olarak soğuk közler haline geleceklerdir. Her durumda, eğer sıcak ve soğuk yerler arasında herhangi bir fark yoksa, ısı akamaz; Evren termodinamik dengededir (ya da hemen hemen aynı olan termal dengededir) ve enteresan hiçbir şey olamaz.

Şu an termodinamiğin ikinci yasası olarak bildiğimiz şey, Alman fizikçi Rudolf Clausius tarafından 1850'de yayımlanmış bir makalede bilimsel tartışmaya sunulmuştur. Clausius neredeyse gelişigüzel bir şekilde şöyle yazmıştır: "Isı her zaman sıcaklık farklılıklarını dengelemeye ve bu nedenle *daha sıcaktan daha soğuk* cisimlere geçmeye meyillidir."[3] Sonraki birkaç sene içinde, Clausius ve diğer araştırmacılar, bu fikri elden geçirip daha iyi bir hale getirmişlerdir ve güvenli bir matematiksel temele yerleştirmişlerdir; ama 1850 makalesi termodinamik biliminin başlangıcı olarak sayılır.



Isı her zaman sıcaklık farklılıklarını dengelemeye ve bu nedenle daha sıcaktan daha soğuk cisimlere geçmeye meyillidir.

Bu fikirleri soğuk bir Evrendeki sıcak yıldızların düşündürücü varlığıyla ilişkilendiren ilk kişi, Belfast'da doğan, ama haya-

3 İtalikler orijinal metinden.

tının çoğunu İskoçya'da geçiren ve bugün daha çok bilinen adı Lord Kelvin olarak soyluluğa yükseltilen William Thomson'dır. Thomson bağımsız olarak Clausius'la bazı aynı sonuçlara ulaşmıştır; termodinamik prensiplerine dayanan sıcaklığın "mutlak" ölçeği, Thomson'ın onuruna Kelvin ölçeği olarak isimlendirilmiştir. 1852'de Thomson, Evrenin tükendiği fikrinin erken bir versiyonunu ileri sürdüğü, "Mekanik Enerjinin Dağılımı Üzerine Doğadaki Evrensel Bir Eğilim" adlı bir bilimsel makale yayımladı. Bu, uzmanlar arasında hatırı sayılır bir ilgi ve tartışma başlattı ve 1862'de Thomson, "Güneş Isısının Yaşı" isimli bir makale yayımladı; bu makalede şöyle belirtti: "Eğer evren sonlu ve var olan yasalara uyacak şekilde kaldıysa; sonuç kaçınılmaz olarak evrensel bir durgunluk ve ölüm olur." "Isı ölümü" terimi (veya termal ölüm) Alman Hermann Helmholtz tarafından, iki yıl sonra, Evrenin nihai kaderini tanımlamak için sunulmuştur; hem Thomson hem Helmholtz Evrenin bu şekilde tükendiği gerçeğinin, onların bildiği fizik yasalarının dışında bir sebep yüzünden, önceleri daha düşük bir entropi durumunda olduğu anlamına geldiğinin farkına vardılar. 1890'lardan itibaren, Evrenin ısı ölümü fikri H. G. Well's klasik hikâyesi *The Time Machine*'de görünecek kadar yaygın bir kavram haline geldi. Ama ondan sonra, Poincaré ve Boltzmann sahneye çıkmışlardı.

Tüm Düşünülebilir Rastlantılar

Boltzmann'ın bu tartışmaya önemli katkısı 28 Şubat 1895'de yayımlanan *Nature*'da, "Gazlar Teorisinin Kesin Sorunları Üzerine" gibi oldukça sade isimli bir makalede geldi. Burada Boltzmann, daha önce üzerinde durduğu, "Termodinamiğin İkinci Yasası" denen şeyin aslında sadece bir olasılık ifadesi olduğunu tekrarlar. Daha sonra, nitrojen ve oksijen gazlarını içeren bir kutuda, tüm oksijenin kutunun bir tarafına, tüm nitrojenin ise kutunun diğer tarafına toplanarak, kendini ayrıştırma olasılığını, H harfiyle ifade ettiği olasılıkla ilişkili bir hesap üzerinden tartışır; bu kabaca entropinin tersidir, dolayısıyla "H'nin azalma olasılığı artma olasılığından her zaman daha fazladır." Boltzmann 6000 kere atılan zar örneğini kullanır: "belli bir sa-

yıyı tam olarak 1000 kere atacağımızı kanıtlayamayız; ama atış sayısının oranının, ki bu sayı atışların toplam sayısı olacaktır, biz daha sık attıkça daha fazla 1/6'ya yaklaşacağını kanıtlayabiliriz." Ama art arda birkaç zar atışında gelebilecek aynı sayıyı elde etmeye karşılık gelen beklenmeyen sapmalar gerçekleşebilir. Bunlar Boltzmann'ın H parametresi değerinin tepe noktalarıdır; Boltzmann istatistiksel görüşleri karışık gazla dolu bir kutunun kendini ayrıştırmasının çok zor bir ihtimal olduğunu göstermek için kullanır ve evrenin "tüm enerjinin dağıldığı... bir duruma eğimli olmak zorunda olduğu" ısı ölümü fikrini onaylar. Daha sonra, tam görüşü tamamlanmış derken, tam bir soğuk duş etkisi meydana gelir:

> Bu makaleyi eski asistanım Dr Schuetz'ün bir fikriyle sonuçlandıracağım.
> Tüm evrenin, termal dengede ve sonsuza kadar o şekilde kalacağını varsayarız. Evrenin bir (sadece tek) bölümünün kesin bir durumda olma olasılığı, bu durum ne kadar termal dengedeyse o kadar azdır; ama bu olasılık evrenin kendisinden de büyüktür. Eğer evreni yeterince büyük varsayarsak, herhangi bir durumda (ancak termal denge durumundan çok uzak) olan bağıntılı küçük bir parçanın olasılığını istediğimiz kadar büyük yapabiliriz. Aynı zamanda olasılığı o kadar büyük yapabiliriz ki, tüm evren *termal dengede* olsa bile dünyamız şimdiki durumunda olur. Dünyamız termal dengeden o kadar uzaktır ki, böyle bir durumun olasılıksızlığını hayal bile edemeyiz denilebilir. Ama başka bir yönden, bu dünyanın tüm evrenin ne kadar küçük bir parçası olduğunu hayal edebilir miyiz? Evrenin yeterince büyük olduğunu varsayarsak, dünyamız gibi küçük bir parçanın şu anki durumunda olma ihtimali, artık küçük değildir.
> Eğer bu varsayım doğruysa, dünyamız termal dengeye dönerdi; ama tüm evren çok büyük olduğu için, ileriki bir zamanda başka bir dünyanın bizimkinin şu an yaptığı gibi termal dengeden uzağa sapma ihtimali olabilirdi. O zaman sözü edilen H eğrisi, evrende neyin olduğunun bir göstergesi olabilirdi. Eğrinin tepe noktaları görünür hareket ve yaşamın varlığını temsil edebilirdi.

Dolayısıyla Boltzmann dalgalanmalarına* aslında gerçekten "Schuetz dalgalanmaları" denmeli! Her iki türlü de, eğer

* Boltzmann fluctuations –çn.

Boltzmann'ın "evren" terimini bizim Çoklu Evrenle ve onun "dünyasını" bizim Evren ile değiştirirsek, Çoklu Evrenin çağdaş düşünceleriyle doğrudan alakalı bir bölümün 1895'de yayımlanan bir makalede bulunması şaşırtıcıdır. Hatta makale örtülü bir biçimde belki de bilinçsizce, antropik bir düşünce içermektedir. Bizim gibi gözlemciler sadece böyle dalgalanmalarda var olabilirler, dolayısıyla kendimizi böyle bir dalgalanmada bulmamıza şaşmamak gerekir.

Tohum Schuetz tarafından ekilmiş olsa da, fikri Boltzmann sahiplendi ve var gücüyle savundu. 1897'de şöyle yazdı:

> Bu bakış açısı bana, birinin İkinci Yasa'nın geçerliliğini ve her dünyanın ısı ölümünü tüm evrende kesin bir başlangıç durumundan son duruma doğru tek yönlü bir değişiklik başlatmadan anlayabilmesinin tek yolu olarak gözüküyor. Küçük bir parçanın yaşadığını açıklamak için evrenin bu kadar büyük bir kısmını ölü olarak hayal etmenin ekonomik olmadığı ve anlamsız olduğu itirazının geçersiz olduğunu düşünüyorum. Eterle dolu uzayın çok fazla ve yaşamla dolu olanın çok az olduğu düşünülemeyeceği temelinde, Güneş'in Dünya'dan 20 milyon mil uzakta olduğuna inanmayı tamamen reddeden bir kişiyi çok iyi hatırlıyorum.[4]

Boltzmann'ın, bizimki gibi diğer "dünyaların" "gelecek bir zamanda" oluştuğundan bahsettiği, üzerinde durduğu bir nokta vardır. Tasarladığı daha geniş evrende (metaevren belki daha iyi bir terim olabilirdi) zaman yoktur. Termodinamik dengede, geçmişi gelecekten ayırt etmenin bir yolu yoktur. Termal dengedeki gazlı bir kutunun bir dizi enstantanesi karıştırılabilir ve daha sonra basitçe her enstantanedeki atomların dağılımına bakılarak çekildikleri zamana göre tekrar sırayla dizilebilirler. Eğer biz böyle bir metaevrendeki bir dalgalanmanın içinde yaşıyorsak, metaevren hakkında söylenebilecek tek şey, var olduğu ve içinde başka dalgalanmaların olduğudur. Zaman oku (veya zamanın okları) sadece bu dalgalanmalar içinde var olurlar.

4 Aslında, Güneş Dünya'da 93 milyon mil (yaklaşık 150 milyon km) uzaktadır. Bu çeviri S.G'nin Kinetic Theory kitabındandır (Brush, Pergamon, Oxford, 1966). 'Eter' bizim boş uzay dediğimiz şeyi dolduran teorik bir akışkandı; böyle bir akışkana duyulan ihtiyaç özel görelilik teorisinin keşfi tarafından ortadan kaldırıldı.

Boltzmann'ın ele aldığı, ama birçok insanı bugün bile düşündüren başka bir bilmece vardır. Neden termodinamik dengeden bu denli sapmış büyük bir dalgalanmanın içinde yaşıyoruz? Boltzmann, "dünyamızın" (Evren) ne kadar büyük olduğunun önemli olmamasıyla mutluydu; "evreni yeterince büyük varsayarak, dünyamızın bu kadar küçük bir kısmında şimdiki durumunda olma olasılılığı, o kadar da küçük değildir." Belki daha küçük dalgalanmalar da olabilir, ama ne olacak ki? Bugün genellikle tanımlandığı şekilde bilmece, metaevren bakış açısından, termodinamik dengeden başlayarak daha küçük bir dalgalanma yapmanın çok daha basit olması gerektiğidir.

Uç bir örnek ele alırsak, eğer tüm Evren kadar büyük ve karmaşık bir dalgalanma meydana gelseydi bu çok daha kolay olurdu ve bu nedenle çok daha muhtemel olarak, bir dalgalanma şu an oturduğunuz odayı, tüm içerdiklerini, tüm hafızanızla sizi ve bu kitabı üretebilirdi. Bir saniye önce bu olabilirdi ve siz bu cümleyi bitirmeden tamamı yok olabilirdi. Eminim (eğer bu satırı okuyacak kadar hayatta kaldıysanız) bu görüşte büyük bir kusur olduğunu öğrenmekten memnun olacaksınız ve daha sonra açıklayacağım şekilde, bir Boltzmann dalgalanmasından tek aşamada bir Büyük Patlama oluşturmak bir insan beyni oluşturmaktan çok daha kolaydır. Ama bu güven verici içgörü olmadan bile sonsuz bir evrende her şeyin mümkün olduğu hâlâ doğrudur ve içinde yaşadığımız Evrende ne kadar uzak bir ihtimal olduğu önemli değildir, herhangi bir yerde olması zorunludur. Var olan Evrenimiz büyüklüğünde bir dalgalanmanın var olma olasılığı kadar küçük olabilir; ama "her" sayı tam olarak, sonsuzlukla karşılaştırıldığında ölçülemeyecek kadar küçüktür ki bu da, metaevrenin herhangi bir yerinde, kendimizin diğer kopyalarının olma ihtimalinin ne kadar olduğu ve onların ne kadar uzakta olduğu gibi ilginç soruları ortaya çıkartır.

Zaman ve Mesafe

Bunu bakış açısına eklemek için, bir Boltzmann türü dalgalanmanın düzensiz bir metaevrende tam olarak nasıl düzen grupları oluşturduğunu ayrıntılı bir şekilde açıklamaya değer. 19.

yüzyıla uygun olan görüntü, kaosta gözüken düzen baloncuklarıyla beraber dengede bir parçacık ve radyasyon denizi olurdu. Ama bu baloncuklar anında, tam olarak oluşmuş şekilde ortaya çıkamazlar. Dalgalanmalar denge durumundan uzaklaştıkça gelişmek zorundadırlar. Parçacıklar (ve radyasyon), bizim yaşadığımız bir dalgalanma durumunda yıldızları, gezegenler ve insanları oluşturmak için doğru bir şekilde bir araya gelmelidir. Zamanın akışına günlük algımızın bakış açısından, bu tamamen zamanın geriye gitmesi gibi olurdu; örneğin radyasyonun etkisinin karbon gibi elementlerin çekirdeklerini parçalayıp helyuma dönüştürebileceği, radyasyonun yıldızlara yakınsaması ve içlerine doğru derin kuyular kazması gibi. Bu bakış açısından, bu işlemin odanızın büyüklüğünde, küçük, kısa ömürlü bir baloncuk oluşturmasının, etrafımızda gördüğümüz kadar büyük bir evren oluşturmasından çok daha olası olduğunu söyleriz ve işlemin şu an durup terse, kaotik, düşük entropili bir duruma gitmesinin, terse dönüş ve geri düzensizliğe olan yolculuğun başlangıcından önce Büyük Patlamaya kadar tüm yol boyunca ilerlemiş olmasından daha muhtemel olduğunu söyleyen aynı bakış açısıdır.

Gördüğümüz gibi, zamanın ne olduğunu söylemek çok zordur ve tüm bu açıklama esasen zamanın dışında duran ve metaevrenin evrimleşmesini izleyen bir kozmik gözlemcinin görüşüdür; fakat Boltzmann dalgalanmasında yaşayan herhangi birinin bakışın açısından, dalgalanma oluşurken, "zamanın geri gitmesini" tecrübe edeceklerini düşünmek için herhangi bir sebep yoktur. Bu merak uyandıran fikir özellikle Philip K. Dick'in *Counter-Clock World*'ü olmak üzere birçok eğlenceli bilimkurgu hikâyesine yol açmış olsa da, bir önceki bölümde kullanılan tüm görüşler, dalgalanmanın iki yarısında da eksiksiz olarak uygulanabilir. Dalgalanma oluşurken, bazı dilimlerde daha düzenli ve diğerlerinde ise daha az düzenli bir evrenin olduğu bir dizi zaman dilimleri olmalıdır (Hoyle'un çekmece gözlerinin karşılığı). Eğer zamanın akışına olan bakış açımız gerçekten düzenin geçmişte ve düzensizliğin gelecekte olduğu şekilde dilimleri düzenlemek üzerineyse, o zaman aynı kurallar dalgalanmanın her iki yarısına da uygulanır. Oluşumu sırasında bir baloncuk

içinde yaşıyor olabilirdik ve bunu asla bilemezdik. Başka bir deyişle, ne kadar yüksek veya düşük olduğu fark etmeksizin, dalgalanmanın ulaştığı en düşük entropi durumundan, zaman dışında duran gözlemcinin gördüğü şekilde zaman oku her iki yönde de "yukarıya" doğrudur, yüksek entropi durumunu gösterir. Baloncuğun *her yerinde*, zaman oku yüksek entropi durumunu gösterir.

Yine de Boltzmann dalgalanması fikrinin bu klasik versiyonuyla, odanız boyutunda veya tüm bir galaksi boyutunda veya herhangi başka bir boyutta dalgalanmalar olabileceğini kabul etmemiz gerekir. Büyük Patlama ve genişleyen Evrenin yapısı hakkındaki çağdaş fikirler, beşinci bölümde anlattığım şekilde bize daha farklı bir bakış açısı verir. Ama yine de çağdaş çerçevede bile yine de sonsuz bir Çoklu Evrende sizin, benim, Dünya'nın ve tüm görünür Evren dahil olmak üzere ona kadar olan her şeyin kopyaları olacağını kabul etmemiz gerekir. Sadece özdeş bir odanın içinde, ama sonsuz bir kaos tarafından çevrelenmiş sizin başka bir versiyonunuz değil; Samanyolu'ndan farklı olmayan bir galaksideki Güneş'e benzeyen bir yıldız etrafında dönen Dünya'ya çok benzer bir gezegendeki özdeş bir odadaki başka bir versiyonunuz.

Bu aşamada diğer evrenlerin nasıl ortaya çıktığını çok fazla düşünmeden, vücudunuzu veya Dünya'yı veya galaksiyi veya tüm Evreni oluşturan atom ve parçacıkların kaç şekilde düzenlenebileceğine basitçe göz atarak kopyaların birbirinden ne kadar farklı olduğu hakkında kabaca bir fikir edinmek mümkündür. Örneğin eğer vücudunuzdaki atomlar kullanılarak ne kadar farklı atom düzenlemesi yapılabileceğini hayal ederseniz (veya hesaplarsanız) ve daha sonra bu "vücutları" tekrar etmeden yan yana bir sırada düşünürseniz, permütasyonu bitirip yeniden başlamanız gerekmeden önce bu sıra ne kadar uzun olurdu? Pennsylvania Üniversitesi'nden Max Tegmark, bizim için yoğun hesaplamayı gerçekleştirdi ve görünür Evrenin büyüklüğünün bakış açısına yerleştirdi.

Büyük Patlamadan bu yana geçen zaman 14 milyar yıldan biraz daha azdır, dolayısıyla bu anlamda Evren 14 milyar yıldan biraz daha gençtir ve gördüğümüz en uzak nesneler, onları 14

milyar yıldan biraz daha az bir süre önce terk etmiş ışık sayesinde görülür. Ama bu ışık uzayda bize doğru yol alırken, uzayın kendisi genişlemiştir ve Evren büyümüştür, dolayısıyla en uzak görülebilir nesneler şu an bize 14 milyar ışık yılı uzaklıkta değil, 40 milyar ışık yılından, yani 4×10^{26} metreden, biraz daha fazla bir uzaklıktadır. Bu, Evrenin genişlediğini keşfeden astronomu onurlandırmak için Hubble hacmi denen, etrafımızdaki bir uzay baloncuğunun yarıçapıdır. Çoklu Evrendeki başka bir yerde diğer gezegenlerde yaşayan sizin diğer versiyonlarınız mükemmel teleskopları varsa görebilecekleri her şeyi içeren kendi Hubble hacimleriyle çevrelenmiştir. Ama bu Hubble hacimlerinin birbiri üstüne bineceklerini düşünmek için bir sebep yoktur.

Uzayın sonsuz ve büyük ölçekte maddeyle düzgün olarak dolu olduğunu varsayarak,[5] Tegmark sizin en yakın "ikizinizin" 10'un 10^{29} kuvveti kadar metre uzaktaki bir gezegende yaşadığını hesaplar. Bu kavranamayacak kadar büyük bir sayıdır. Tegmark, astronomların teleskoplarıyla incelediği her şeyi içeren Hubble hacminin yarıçapından çok daha büyük olduğu için, buna "astronomik seviyeden daha fazla" demeyi sever. Ama yine de sonsuzlukla karşılaştırıldığında son derece küçüktür; Tegmark'ın belirttiği üzere, sayının büyüklüğü ikizinizi daha az gerçek yapmaz.

Aynı varsayımları kullanarak, 100 ışık yılı genişliğinde yarıçapa ve Dünya üzerinde merkezlenmiş 100 ışık yılı yarıçapındaki uzay bölgesindekine özdeş içeriğe sahip dünyadan 10'un 10^{91} kuvveti kadar metre uzaklıkta uzayın küresel bir hacmi olmalıdır; ve aynı şekilde 10'un 10^{115} kuvveti kadar metre uzaklıkta tüm Hubble hacminin özdeş bir kopyası olmalıdır. Sizin kopyalarınızın gelecek hayatlarını etkiledikleri değişik seçimler yaptıkları, Evrenimizin biraz daha kusurlu birçok kopyası ve Everett yorumundaki kuantum gerçekliğinin farklı versiyonlarından benzersiz olmayan çeşitlemeler olmalıdır. Tegmark'ın ortaya koyduğu gibi, "burada prensipte olabilmiş olabilecek her şey, aslından başka bir yerde olmuştur," tıpkı piyangoyu kazan-

5 Kozmik ardalan ışımasının gözlemlerinden gelen kanıt göstermektedir ki, Evrenimizde Tegmark'ın büyük ölçekle kastettiği 10^{24} metre genişlikten daha uzun olan herhangi bir yapı yoktur.

manız veya "Dünya" üzerindeki yaşamın büyük bir asteroitin çarpmasıyla beraber bir hafta önce yok olması gibi.

Tegmark bu durumu bir "1. Tür" Çoklu Evren olarak tanımlar, ki böyle her şeyin aynı Büyük Patlamadan ortaya çıktığı sonsuz ve genişleyen bir metaevrende her şeyin başka kopyaları vardır ve her şey aynı fizik yasalarına uyar. İsmin ima ettiği gibi, Çoklu Evrenin başka türleri de vardır ve Everett tarzı kuantum fiziğinin paralel evrenleriyle (Tegmark bunları "3. Tür" olarak sınıflandırır) daha sonra açıklayacağım farklı olasılıklar bunlara dahildir. Ama bu Çoklu Evren teması üzerine en basit çeşitlemedir ve Tegmark 1. Tür Çoklu Evren fikrinin tam olarak gözlemsel kanıtları yorumlayan kozmologların varsayımları üzerine kurulduğunu savunur. Örneğin kozmik ardalan ışıması gözlemleri gökyüzünde biraz daha sıcak ve biraz daha soğuk parçalar gösterir. Bu parçaların büyüklüğü uzayın eğriliğine bağlıdır ve gözlemler kuvvetli bir şekilde uzayın bir kürenin yüzeyi gibi eğri olmadığı fikrini destekler. Kozmologlar tarafından kullanılan dilde, küresel model yüzde 99,9 güvenle göz ardı edilir. Bunun anlamı, standart hesaplamalara göre bizim gördüğümüz büyüklükte sıcak ve soğuk parçalar binde bir kez şans eseri küresel bir evrende *gözükebilirler*. Ama Tegmark bu sayılar yorumunun ancak gözlemlenebilecek 1000 adet başka küresel evren varsa anlamlı olacağını söyler. "Yüzde 99,9 güven aralığının" tam olarak anlamı, her bininden 999 küresel evrenin bizim gördüğümüz değişik büyüklükte lekeler gösterme olasılığıdır ve bizim lekelerin uzayın düz olduğunu düşündürdüğü ender küresel bir evrende yaşıyor olmamız pek olası değildir. Burası sonsuz uzay ile gidebileceğimiz son nokta; peki, ama ya sonsuz zaman? Zaman kozmolojik hesaplamalara nerede girmektedir?

Zaman ve Termodinamik

Boltzmann'ın tanımladığı termodinamik dengeden bu tür bir dalgalanma ile içinde yaşadığımız Evren arasındaki anahtar fark, Evrenin genişlediğidir. Kararlı durumdaki kaosun sonsuz ve ebedi bir metaevreninde, bir dalgalanmanın tıpkı bizimki gibi olan, ama genişlemeyen bir evren üretmesi oldukça olası,

fakat son derecede enderdir; ama önceden gördüğümüz gibi, bu tek bir oda tek bir gezegen veya hatta bir kaosun ortasında yüzen çıplak bir insan beyni üreten bir dalgalanmanın olmasından çok daha az olasıdır. Evrenimizin bir Büyük Patlama ile başlaması bakış açımızı değiştirir; ima ettiğim ve tam olarak bir sonraki bölümde anlatacağım gibi, dalgalanmaların bir Büyük Patlama oluşturduğu düşünüldüğü sürece genişleyen evren yalıtılmış bir insan beyni oluşturmaktan çok daha kolaydır. Fakat bildiğimiz şekilde Evrenin nasıl doğduğuna gelmeden önce, bizim özel Evrenimizin, yani bizim türde evrenin, yapısı bize termodinamik ve zaman oku üzerine biraz daha farklı bir bakış açısı verir. Ayrıca genişleyen evrenin kütleçekim tarafından bir arada duran madde yığınlarını içerdiği gerçeği her şeyi daha enteresan bir hale getirir.

Klasik termodinamik büyük ölçüde 19. yüzyılda Clausius, Kelvin, Boltzmann ve Amerikan Josiah Williard Gibbs gibi öncüler tarafından geliştirildi. Klasik termodinamik esasen dengedeki sistemleri ele alır. Örneğin önceden tanımladığım gaz kutusundaki bölme kaldırıldığında gazın tüm kutuyu doldurmak için yayılacağını, çünkü gazla dolu olan kutunun bir denge durumunda olduğunu bize anlatabilir. Ama başarılarına rağmen, klasik termodinamik gaz kutuyu doldururken, yani dengede değilken ne olduğunu açıklamada çok başarılı değildir. Aslında, başka bir yerde ele aldığım üzere,[6] klasik termodinamik zaman yokmuş gibi davranır. Gazın bir kutuyu doldurmak için yayılması ve çok daha karmaşık sistemler, birbirinden ufacık aşamalarla ayrılan, ama her biri "statik" olan biraz farklı durumların dizisi cinsinden tanımlanır. Çok küçük derecede aşamalar, aslında, gazın kutuyu doldurması için sonsuz uzunlukta olması anlamına gelir; dolayısıyla bu yaklaşımla ilgili açıkça bir kusur vardır. İsmindeki "dinamik" terimi değişimi ima etse de, klasik termodinamik aslında hiç de değişimi tanımlamaz ve entropi gibi anahtar kavramlar, dengedeki sistemlerin hesaplamasıyla, dengedeki bir sistemi dengedeki başka bir sistemle veya tıpkı bölme çekilmeden önce ve çekildikten sonra olduğu gibi aynı sistemi farklı bir durumdayken karşılaştırarak çözül-

6 *Basit Derinlik*

müştür. Bu anahtar kavramların yanlış olduğu anlamına değil, tüm hikâyeyi anlatmadıkları anlamına gelir.

20. yüzyılda ve özellikle ikinci yarısında, Norveçli Lars Onsagar ve Rus Ilya Prigogine gibi öncülerin çalışmalarından yola çıkarak, bilim adamları şeylerin nasıl değiştiğini ve karmaşık sistemlerin (insanların karmaşıklığı veya Dünya'daki yaşam ağı dahil) nasıl basit bileşenlerden oluştuğunu açıklayarak ve bir enerji akışını kaynak alıp görünüşte termodinamiğin ikinci kuralını hiçe sayarak, dengede olmayan termodinamiği kavramayı geliştirdi. Tüm bunlar matematikçilerin kaos dediği şeyi (Boltzmann'ın dünyanın doğal durumu olarak öngördüğü termodinamik kaosla aynı şey değil) ve günümüzdeki en önemli araştırma alanlarından biri olan karmaşık sistemler üzerine çalışmayı oluşturdu; ama burada tüm bu detaylara girmek gerekmez. Dikkate almamız gereken önemli nokta, denge hakkındaki fikirlerimizin genişleyen bir evrende değiştirilmesi gerektiğidir.

Gazın kutuyu tekrar doldurmak için genişlediği basit örneğe geri dönelim. Tamamen kaldırılmış bir bölmeyle iki yarıya düzgünce bölünmüş sonlu bir kutu yerine, çok uzun, (belki de sonsuzca uzun) içinde piston olan bir borumuz olduğunu ve pistonun düzenli olarak boyu boyunca çekildiğini ve gazın pistonun arkasında sürekli artan hacmi doldurmak için genişlediğini varsayalım; piston hareket ettiği sürece, gaz termodinamik bir dengeye yerleşemez. Veya gazın sonsuz büyük bir kutunun bir köşesinden başlayıp, çevreleyen boşluğa doğru genişlediğini hayal edin; her zaman termodinamik dengedeki bir duruma doğru giderek, ama asla ulaşamayarak, sonsuza kadar genişlemeye devam eder. Veya sıkışmış gazla dolu küçük bir kutuyla başladığımızı, ama kutunun kendisinin genişlediğini dolayısıyla gazın da onunla genişlediğini ya da kutunun kapağını açtığımızı ve gazı sonsuz bir vakuma bıraktığımızı varsayın. Bunların hepsi Büyük Patlamadan bu yana Evrenin genişlemesine dair mantıklı benzetmelerdir ve ikinci bölümde tanımladığım kara enerji dahil olmak üzere sahip olduğumuz en iyi kanıt, Evrenin maddi içeriğinin seyrelerek sürekli genişleyeceğidir. Bunun nasıl başladığıyla ilgili çok fazla kafa yormayın, tüm hepsi 5. Bölümde açıklığa kavuşacak.

Evrenin bu genişleme ve seyrelmesi, entropinin artması ve termodinamik sistemlerin denge durumuna eğilimi tarafından tanımlanan oktan oldukça farklı bir şekilde, bize başka bir zaman oku verir. Geçmiş dediğimiz şey ile gelecek dediğimiz şey arasında açıkça bir kozmolojik fark vardır; geçmiş, galaksi kümelerinin şimdikinden daha yakın durduğu zamandır ve gelecek, galaksi kümelerinin şimdikinden daha uzak durduğu zamandır. Başka bir deyişle, kişisel zamanın akışı tecrübemize göre kozmolojik ve termodinamik oklar aynı yönü gösterirler; Evren büyüdükçe daha fazla yıldız sönecektir ve her şey daha yüksek bir entropi durumunda, termodinamik dengeye daha yakın olacaktır.

Ama tüm bu açıklamada bir şeyin garip olduğunu fark etmiş olmanız gerekir. Geleceğin galaksi kümelerinin daha uzak durduğu zaman olduğunu söyleyebiliriz; ama galaksiler gibi büyük nesneler, termodinamik dengeye doğru giden ve çok düzgün bir gazdan başlamış bir Evrende ne yapıyorlar? Geleceğin, yıldızların söndüğü zaman olduğunu söyleyebiliriz; ama açıkça etrafıyla termodinamik dengede olmayan yıldızlar gibi sıcak nesneler, nasıl Evrende oluşabiliyor? İki sorunun da cevabı kütleçekimdir. Kütleçekim, kendisinin yokluğunda uygulanan termodinamik yasalarını hiçe sayarak, düzensizliklerin oluşmasını sağlar. Dünya üzerinde su bardağında eriyen buz küpleri veya gaz kutuları gibi şeylerin davranışını kavramada kütleçekim çok önemli olmadığı için, klasik termodinamik kütleçekimi içermez. Ama kütleçekim yıldızlar, galaksiler ve Evren ölçeğinde karşı konulamaz bir şekilde önemlidir. En azından bir süreliğine, bir yer ile diğeri arasındaki sıcaklık farkını ve Evreni tanımlamak için gereken bilgi miktarını arttırarak, kütleçekim, klasik termodinamiğin kurallarını baştan aşağı değiştirebilir, çünkü çok ilginç bir özelliği vardır. Kütleçekimsel enerjinin bir yıldız veya bir galaksi hatta sizin vücudunuz gibi bir madde yığınıyla ilişkisi *negatiftir*. Bu demektir ki, kütleçekimsel alan negatif entropi içermektedir; yani kütleçekim entropi için kuyu etkisi oluşturur.

Kozmik Ok ve Kütleçekimsel Çöküş

Kütleçekimin negatifliğini diğer kitaplarda ele almış olmama rağmen bu, Evrenin önemli bir özelliğidir ve o kadar sezgilere aykırıdır ki, burada bir kez daha açıklamak için mazeret anlatmayacağım. Kütleçekimsel alanın enerjisinin negatif olduğu gerçeği, etrafımızda gördüğümüz Evrenin neden var olduğunun tek en önemli sebebidir ve basitçe göz ardı edilemez.

Bu konuyu ele almanın yolu, kütleçekim kuvvetinin nasıl işlediği hakkında düşünmektir. Bir ters kare yasasına uyar, ki bu iki nesne (herhangi iki kütle yığını) arasında işleyen kütleçekim kuvvetinin 1'in nesneler arasındaki uzaklığın karesine bölümüyle orantılı olduğu anlamına gelir. İki nesne (veya daha fazlası) kütleçekim tarafından birbirine çekildiklerinde, kütleçekimsel enerjinin hareket enerjisine, yani kinetik enerjiye, dönüşmesiyle bu kuvvet onların daha hızlı hareket etmesini sağlar. Birbirini iten atom ve moleküllerin kinetik enerjisi, ısı dediğimiz şeydir. Örneğin bir yıldız, yaşama soğuk bir gaz ve toz bulutu olarak başlar, ama küçüldükçe ve kütleçekimsel enerji kinetik enerjiye dönüştükçe ısınır. Bir önyıldız içeride yeterince sıcak olduğu zaman, nükleer füzyon etkileşimleri başlayabilir ve nükleer yakıt bitene kadar sıcak kalabilir. Ama hepsi, madde daha yoğun bir duruma çöktükçe kütleçekimsel alandan çıkarılmış ısı ile başlar. Bu, görünüşte termodinamiğin ikinci yasasını yok sayarak soğuk bir Evrende sıcak yıldızların oluşmasını sağlayan şeydir. Maddenin yoğunlukları entropi için kuyu gibidir.

Şimdi Güneş gibi bir yıldızın bileşenlerini atom ve parçacıklara ayırdığımızı ve onları sonsuz büyüklükte bir madde bulutuna yaydığımızı, dolayısıyla her parçacığın en yakın komşusuna sonsuz uzaklıkta olduğunu hayal edin. 1, sonsuza bölündüğünde (sonsuzun karesi sonsuzdur) sıfıra eşit olacağı için, parçacıklar arasında işleyen kütleçekimsel kuvvet olmayacaktır. Başka bir deyişle, kütleçekimsel alanın enerjisi sıfır olacaktır. Elbette yıldızları bu şekilde parçalarına ayıramayız, ama bu basit düşünce deneyi, herhangi bir miktarda maddeyle bağıntılı kütleçekimsel enerjinin sıfır noktasının olabildiğince genişçe ayrılmış bileşenlerin hepsi için bulunduğunu söyleyen, genel görelilik teorisinin denklemleri kullanılarak yapılan uy-

gun bir hesaplamadan ortaya çıkan temel bir gerçek hakkında bize biraz fikir verir. Bu Celsius veya Fahrenheit ölçeklerinin sıfır noktalarından sıcaklık ölçmek için yapılan tercih gibi keyfi bir tercih değil, Kelvin ölçeğinin sıfır noktasından yapılan sıcaklık ölçümü gibi temel bir gerçektir.

Sonsuzca yayılmış bir buluttan daha yoğunlaşmış bir maddenin herhangi bir yoğunluğu (hatta her litre uzayda bir hidrojen molekülü bulunduran bir gaz bulutu) sonsuzca yayılmış bir buluttan daha az kütleçekimsel enerjiye sahip olmalıdır, çünkü madde çekildiğinde enerji alandan kaldırılır. Sıfır enerjiyle başladığımızdan, bir miktar enerjiyi dışarı çektiğimizde elimizde negatif enerji kalır. Kütleçekimsel alanın negatif enerjisi, negatif entropinin bilgiye eşdeğer büyümesini, Evreni Dünya gibi gezegenlerin sıcak yıldızların açığa çıkardığı enerjiyle beslenebildiği ve bir taraftan dengeyi kurmaya çalıştıkları daha karışık ve enteresan bir yer oluşturmasını sağlar. Er ya da geç, entropi kazanacaktır, ama henüz değil.

Biz elimizde ne kadar negatif enerjiyle bırakıldık? Genel görelilik teorisini kullanarak yapılan oldukça basit bir hesaplama bize der ki, eğer m ağırlığındaki maddenin herhangi bir yığını (bir yıldız, bir gezegen, bir kişi, bir evren...) bir matematiksel noktaya, bir tekilliğe çökebilseydi, bu kütleyle bağlantılı kütleçekimsel alanın enerjisi *eksi* mc^2 olurdu. Einstein'ın ünlü denkleminde verilen, maddenin kendisinin durgun kütle enerjisine tam olarak eşit ve zıt olurdu. İki enerji birbirini tamamen yok ederdi, ki bu da maddenin bir noktadaki herhangi bir yoğunluğunun toplam sıfır enerjiye sahip olduğu anlamına gelir.

Bunun önemini anlayan ilk kişi Alman Pascual Jordan'dı. Eğer bir noktada belirirse, negatif kütleçekim enerjisi tam olarak pozitif durgun kütle enerjisine eşdeğer olacağı için, bunun belki de bir yıldızın yoktan oluştuğu anlamına geldiğini anlamıştı. 1940'larda fizikçi George Gamow Washington'da yaşıyordu ve Einstein'ın çalıştığı Princeton'a bir ziyareti sırasında Einstein'a bu şaşırtıcı fikirden bahsetmişti. "Einstein adımlarını durdurdu," der Gamow, "ve caddenin karşı tarafına geçtiğimiz için, birkaç araba bizi ezmemek için durmak zorunda kaldılar."

Fikir Einstein'ı durduracak kadar şaşırtıcı olsa da bir yıldızı bu şekilde oluşturmak için en az iki sorun vardır. İlki, maddeyi bir arada tutan kütleçekimsel kuvvetin yıldızı oluşturmak için asla genişleyemeyecek kadar kuvvetli olduğudur;[7] diğeri ise eğer böyle bir şey olsaydı, bir kara deliğin ufkunun ardında görünürden gizlenmiş olacağıdır. Dahası, bir tekillikle ne olacağını açıklayan bir teori yoktur, sadece bir tekilliğin yakınında ne olacağını söyleyen vardır. Ama tıpkı 1940'larda Evrenin genişlemesi yeni keşfedilmişken ve Büyük Patlama terimi kozmolojiye henüz girmemişken, Einstein'ın bile önem vermediği üzere, eğer yoktan bir yıldız yaratabilseydiniz, çok ama çok küçükle başlayıp ve kütleçekim onu tekrar bitirmeden, hızlıca genişlemeyi sürdürecek bir mekanizmanızın olması gerekirdi. 1980'lerde fizikçilerin keşfettiği şey ve bir sonraki bölümün konusu tam olarak bu oluşturur. Bu bakış açısından, diğer sorunu da çözecek şekilde, bir kara deliğin içindeyizdir. Ama teori kütleçekim, zaman oku hakkında hâlâ bize bir şeyler söylemek zorundadır.

Bizimkindeki gibi, bir Büyük Patlamadan mükemmele son derece yakın düzgünlükte başlayıp oluşan bir evren bile zaman geçtikçe daha düzensiz hale gelecektir ve kütleçekim madde yoğunluklarını bir araya çekecektir. Eğer bu işlem yeterince uzun olursa, sonunda çok büyük miktarda bir madde karadelikle sonlanacaktır, ki bu maddenin olası en uç yoğunluğudur. Karadelikler uzayın bünyesinde derin oyuklar oluşturur, ama daha az madde yoğunlukları bile yakınındaki uzayı bozarlar. İnsan bakış açımızdan, uzayın kendisi zaman geçtikçe daha fazla buruşmaktadır. Uzay genişlemese bile neredeyse düzgün bir evrenden başlayarak bu olabilir, dolayısıyla kozmolojik zaman okundan bağımsızdır. Gelecek, uzayın daha fazla buruştuğu zamandır; geçmiş ise uzayın daha düzgün olduğu zamandır. Uzayın bu buruşması, eğer Evrenimizin kaderi sonsuza kadar genişlemezse ne olurdu sorusunun cevabını hayal etmeye çalışırken, bizi daha detaylı düşünmeye iter.

7 Bir tekillikte, bir matematiksel noktada, kuvvet sonsuz olabilir, ki bu yüzden fizikçiler içinde tekillikler olan teorilere güvenmezler.

Geriye Sekme?

Genel görelilik teorisi, tıpkı bizim içinde yaşadığımız Evreni Büyük Patlamadan bu yana genişliyor görüşümüz gibi, bir Büyük Patlamadan bu yana genişleyen bir evrenin doğru bir matematiksel açıklamasını sağlar. Ama uzayzamanın genişlemesinin bu açıklaması Einstein'ın denklemlerine olan tek kozmolojik çözüm değildir. Denklemler aslında çeşitli evrenler tanımlar. Bazıları daha hızlı genişler, bazıları daha yavaş; bazıları büyük, bazıları küçüktür; bazıları sonsuza kadar genişler; bazıları Büyük Patlamanın tersten oluşunu anımsatan bir "büyük çöküşte" kendi üzerlerine çökerler. Olası evrenlerin bu çeşitliliği de aynı zamanda Çoklu Evren arayışıyla bağıntılı olabilir; belki de Einstein'ın denklemleri tarafından sağlanan her çeşit evren Çoklu Evrenin bir yerinde var oluyorlardır. Ama ben şimdilik bizim Evrenimiz için olan çıkarımlara odaklanmak istiyorum.

Einstein'ın genel görelilikle ortaya çıkışından yaklaşık 80 yıl sonra ve Büyük Patlama fikrinin saygınlık kazanmasından çok sonra, kimse Evrenimizin sonsuza kadar genişleyeceği veya bir gün geri çökmesi gerektiği hakkında emin değildi. Her iki ihtimal de denklemler tarafından sağlanır ve Evrenimizin kaderi, genişlemeyi durdurup tersini başlatacak kütleçekimin üzerine etkidiği madde ile karşı-kütleçekim ve genişlemeyi destekleyen kozmolojik bir sabitin büyüklüğü arasındaki dengeye bağlıdır. Bu iki katkı hakkında bilgimizdeki belirsizlik, teorisyenlere Evrenin nihai kaderi hakkında tartışmalarına imkân sağlayarak 20. yüzyılın sonuna kadar sürdü. Bu düşüncelerden biri, Rus teorisyen Alexander Friedmann'ın 1920'lerdeki çalışmasına uzanan, şu an Büyük Patlama dediğimiz şeyin aslında, daha önceki bir Büyük Patlamadan sonra sınırlı bir boyuta genişlemeyi takip eden bir önceki evrenin çekilmesinden oluşan bir "büyük sekme" olduğudur. Fizik yasaları ve özellikle genel göreliliğin denklemleri tarafından sağlanan bu olasılık, zamanın kökeni problemini ortadan kaldırır şekilde sonsuz uzun geçmişe sahip, uzaysal olarak sonlu bir evrenin olasılığını sağlar göründüğü için tahminen Aristoteles'i mutlu ederdi. Eğer bir Büyük Patlamadan başlayan genişlemenin ve sonradan gelen çöküşün, ki buna bazen "büyük çöküş" denir; her aşamasını ayrı bir evren

olarak kabul ederseniz, bize başka tür bir Çoklu Evren sunar. Sonsuz sayıda "geçmiş" ve "gelecek" baloncuklarıyla, ikinci bölümde açıklanan rastlantılar ve bu nedenle varlığımızı açıklamak için gerekli görünen kozmik sabitlerin değerleri üzerine çeşitlemeler için olanak vardır. Maalesef, sekme modeli en azından Evrenimizin bir açıklaması olarak işe yaramaz,. Ama bu neden işe yaramadığını açıklamaya değer, büyüleyici bir bakıştır.

Döngüsel modelin çekiciliğinin bir kısmı, uzun süredir devam eden Büyük Patlamadaki tekillik problemini ortadan kaldırdığının düşünülmesiydi. Dış görünür değeriyle alındığında, Einstein'ın denklemleri Evrenin bir tekillikten, bir sonsuz yoğunluk noktasından ve sıfır hacimle başladığını belirtir. Ama başlangıçta, çöken bir evrenin bir tekilliğe ulaşmadan, çok yüksek bir yoğunlukta sekebileceği düşünülüyordu. İnsanların kafasında olan bu türden bir yoğunluk atom çekirdeğinin yoğunluğuna benzer bir şey olurdu, ki bu bugün Evrendeki maddenin en uç noktadaki yoğunluğudur. Ne var ki, 1960'larda teorisyen Roger Penrose ve Stephen Hawking denklemleri zamanda geriye doğru izleyerek, Evrenimizin doğuşundaki tekilliğin görelilik teorisi bağlamında göz ardı edilemeyeceğini ve aynı zamanda eşdeğer tekilliklerin karadeliklerin kalbinde yatması gerektiğini gösterdiler. Genel görelilik teorisi bu konuda son sözü söyleyemeyebilir; tekilliğe yakınken neler olduğu kuantum fiziği ile kütleçekimin nasıl etkileştiğine bağlıdır. Ama şu kesindir ki, tıpkı bir atom çekirdeğinin yoğunluğu gibi çok yüksek, ama "normal" bir yoğunluktan basit bir "sekme" ihtimali saf dışı edilmiştir.

Kozmolojinin salınımlı modellerinde entropiyle ilgili sorunlar da vardır. Bu, genişleme ve çöküşün sadece bir aşamasını, varsayılan sonsuz salınım zincirindeki tek baloncuk düşünülerek görülebilir. 1930'larda, Amerikan fizikçi Richard Tolman her salınımda entropinin büyüdüğünü göstermiştir; dolayısıyla art arda "Büyük Patlamalar" daha büyük bir entropiyle başlarlar. Bunun etkisi peş peşe daha güçlü sekmeler oluşturmaktır, dolayısıyla evrenin art arda salınımları daha fazla genişler. Eğer salınım zinciri gerçekten geçmişe doğru sonsuzca yayılırsa, o zaman mevcut "salınım" çok büyük olmalıdır, o kadar ki genişleyen tek bir evren yaratan eşsiz bir Büyük Patlamadan ayırt

edilemez olmalıdır. Bu salınım modelinin tüm anlamını ortadan kaldırır. Ama bu durum, salınım modelini kurtarma çabasıyla, böyle bir evrenin çöken yarısında zamanın geri gidebileceği, dolayısıyla entropinin sıfırlanacağı fikri üzerinde yoğunlaşarak, ortaya konan umutsuz görüşlerin çıkmasını durdurmadı.

Geleceğe Dönüş

Böyle bir durumda, karmaşık elementleri ve zaman okunun tersinin gerektireceği geri kalan her şeyi "eski durumuna bozmak" için ışımanın yıldızlar üzerine düşmesiyle, baloncuğun çöken yarısı genişleyen yarının ikiz bir görüntüsü olur. İlk bakışta bu, zaman okunun bir Boltzmann dalgalanmasının iki yarısında ters yönleri göstermesi fikrinden çok da farklı gözükmeyebilir. Oysa çok önemli bir fark vardır. Boltzmann dalgalanmasında, oklar sırt sırtadır ve her ikisi de daha düzenli bir durumdan düzensize, daha büyük metaevrenin yüksek entropi durumuna doğru yönelir. Genişleyen ve çöken baloncuk evrende, oklar kafa kafayadır ve her iki sondaki tekilliklerden uzakta, her ikisi de baloncuğun maksimum genişleme durumuna yönelir.

Bu tıpkı aynı rayda bulunan iki trenin bir istasyondan iki farklı yöne doğru çıkması ile aynı raydaki iki trenin zıt yönlerde birbirlerine doğru gitmesi arasındaki fark gibidir. Okların buluştuğu ortada ne olur? İki trene ne olacağını biliyoruz; bir baloncuk evrende eşit derecede dağınık bir şeyi engellemek için, evrenin her yerinde aynı anda, aniden, zaman tersine dönmelidir. Baloncuk evrendeki her şey nasıl olur da termodinamiğin tüm süreçlerinin tersine çevrilme zamanının geldiğini bilebilir? Tek bir basit örnek ele almak için, evren maksimum boyutuna ulaştığında tek bir ışık fotonunun bir yıldızın yüzeyinden çıktığını ve boşluğa doğru yola çıkmak üzere olduğunu varsayın. Tek bir foton (evrendeki diğer tüm fotonlar arasında) nasıl olur da aniden hareketini tersine çevirip, çıktığı yıldıza doğru geri dönebilir?

Zamanın akışının bir yanılsama olduğunu ve altta yatan gerçekliğin Fred Hoyle'un çekmece gözleri gibi zaman dilimlerinin bir dizisi olduğunu kabul etsek bile bunun işe yarama-

sının tek yolu, evrenin maksimum büyüklüğüne karşılık gelen, yığın içindeki noktada çalışmış her çekmece gözünde saklanan "hafıza"nın şeklini değiştirmek olurdu. Bölen çizginin diğer tarafındaki çekmece gözleri "hafızalar" ya da geçmiş değil, gelecek dediğimiz şeyin kayıtlarını içerirdi. Her iki kayıt dizisi de bir Büyük Patlamadan maksimum genişlemeye doğru bir genişleme tanımlardı. Aslında, entropi sıfırlanması için bir Büyük Patlamadan başlayan aynı genişlemeyi tanımlamaları gerekirdi. Yığının birinci yarısının basitçe bir kopyası olacağı için, yığının ikinci yarısına hiç de gerek olmazdı. İki adet Büyük Patlama şöyle dursun, Büyük Patlamaların sonsuz bir dizisi olamaz sadece bir Büyük Patlama olur; baloncuğun hangi yarısında yaşamış olursanız olun, tıpkı bugün gördüğümüz gibi, zamanın akışını geçmişte bir Büyük Patlama ve geleceği genişleyen bir evren şeklinde görürdünüz. Tüm gücüyle kozmik rastlantılar bilmecesini geri getiren, var olan tek bir Büyük Patlamayla baş başa kaldık. Uzayzamanın böyle bir yalıtılmış baloncuğu ne olursa olsun, Çoklu Evren değildir ve bu fikri ciddiye almak zordur.

Ama burada açıklanması gereken, zaman oku, ışığın yapısı ve diğer ışımanın biçimleri hakkında arda kalan bir bilmecedir. Bir fotonun yıldızı terk edip sonra tersine dönmesi örneğini keyfi olarak seçmedim; elektromanyetik ışımanın davranışını tanımlayan denklemler zamanda "ileri" veya "geri" olarak da işlerler. 19. yüzyılda James Clerk Maxwell tarafından keşfedilen denklemler, Güneş veya bir TV vericisi gibi bir kaynağı terk eden ve bazılarının gözünüze veya evinizin çatısının tepesindeki televizyon antenine gelebilecek şekilde evrene doğru hareket eden ışımayı tanımlamak için yorumlanmıştır. Bir kaynaktan çıkan ışık, tıpkı bir gölcüğe atılmış çakıl taşından yayılan dalgacıklar gibi, ama üç boyutlu olarak yayılır. Maxwell'in denklemlerini bu şekilde yorumlamamız bizim için doğaldır, çünkü bu yorum bizim günlük zamanın akışı tecrübemizle uyuşmaktadır. Ama denklemler eşit derecede ters yönde de işler. Nelerin sadece yıldız gibi bir nesneye doğru yakınsayarak, Evrenin çok uzağında başlayıp, içe doğru hareket eden elektromanyetik dalgalar olarak tanımlanabileceğini de açıklarlar. Bu, evinizin çatısındaki televizyon antenini terk eden ve "verici" üzerinde yakınsamak

için Evrenin her yönünden gelen dalgalara karışan dalgaları da içerir. Sydney Üniversitesi'den filozof Huw Price, fizik yasalarındaki bu tür bir simetriyi tersine çevrilen zaman oku ve iki başlangıç, ama ciddiye alınması gereken bir sonu olmayan tek bir "baloncuk" evren görüşünün temel taşı olarak kullandı. Görüşü büyüleyiciydi ve benzer düşünceler 1980'lerde Stephen Hawking tarafından ele alınmış; ancak Alberta Üniversitesi'nden Don Page ve Arizona State Üniversitesinden Paul Davies gibi fizikçiler tarafından çürütülmüştü. Bu fizikçiler, kuantum gerçekliklerin doğru yorumunun, zamanın herhangi tek bir evrende ters döndüğü değil, Everett yorumundaki birçok dünyada zamanın "geri" gittiği kadar "ileri" de gittiği eşit sayıda evren bulunacağına işaret ettiler. Bildiğimiz şekliyle yaşam olasılığını ortadan kaldıracak şekilde, tüm olası evrenlerin küçük bir parçası garip bir şekilde davransa bile "rastgele bir gözlemcinin" der Davies, "değişmez bir zaman oklu evrende kendini bulması, karşı konulamaz bir şekilde olasıdır."

Salınımlı bir evrenin çöken yarısında zaman terse dönmese ve zamanın okları aynı yönü göstermeye devam etse bile seken bir evrenle ilgili başka bir sorun vardır. Evrenimiz Büyük Patlamadaki çok düzgün bir durumdan ortaya çıkmıştır ve ondan sonra kütleçekim madde yığınlarını, sonunda karadelikler yapmak için, uzayın dokusunu buruşturarak bir araya çekmiştir. Tüm karadelikler, kuantum süreçlerinin ve kütleçekimsel etkileşmenin hâlâ anlaşılamadığı tekillikler veya en azından Evrenin doğuşunda var olmuş tekilliğe yakın durumlar içermelidir. Bir karadeliğe düşen madde, evrenin kendisi büyük çöküşe varmadan önce, evrenin sonundaki büyük çöküşün karşılığına ulaşır. Dolayısıyla büyük çöküşün kendisi, Büyük Patlamanın kesinlikle ikiz görüntüsü olmayan karmaşık bir süreçle, karadeliklerin ve tekilliklerin birleşmesini kapsar.

Kara maddenin itici gücü sayesinde, kesinlikle büyük bir çöküşe gitmiyoruz ve tekrarlayan genişleme ve çökme döngüleri hakkındaki kurguların hiçbiri Evrenimize uygulanamaz. Ama bu Büyük Patlamadan "önce" bir şey olmayabileceği veya Evrenimiz yok olduktan "sonra" bir şeyin olmayabileceği anlamına gelmez. Evrenin nasıl başladığına dair elimizdeki en iyi açıkla-

ma doğal olarak Çoklu Evren teması üzerine başka bir çeşitleme ve kozmik rastlantılar bilmecesi için tatmin edici bir önerme sunar. Aynı zamanda tekilliklere yakın maddenin davranışı hakkında ne bildiğimizi düşündüğümüzü de kapsar ki buna "şişme"* denir.

* Şişme (Enflasyon) teorisi –çn.

5

YENİDEN BAŞLAR (GİBİ)

Kozmologlar Evrenimizdeki saniyenin on binde biri yaşından sonraki her şeyi, galaksiler ve yıldızlar ölçeğinde, bazı detaylarıyla anladıklarından emindirler. Bu ortaya konulması sıra dışı bir iddia gibi gözükür, ama Evrenin saniyenin on binde biri yaşında olduğu bir zaman olduğunu söylerken neyi kastettiğimizle başlayan, sağlam bir temel üzerine kurulmuştur.

Genel görelilik teorisi Evrenin başlangıcında bir tekillik olması gerektiğini ve karadeliklerin içinde de tekillikler olması gerektiğini söylese de, fizikçiler bunu gerçek dünyanın bir tanımlamasından çok, genel göreliliğin bir sorunu olarak görürler. Bir kuantum kütleçekimi teorisinin denklemdeki tekillikleri yok edeceğini umarlar. Ama eğer genel göreliliğin denklemlerine uygun bir şekilde Evrenin genişlemesini zamanda geriye doğru aldığımızı hayal edersek, denklemlerde tekilliğe karşılık gelen anı "sıfır zaman" olarak düzenleyebiliriz. O zaman soru, genel teori ve bugün uygulanan diğer fizik kurallarının bize ne anlattığını yeniden düşünmeye zorlanmadan önce, ne kadar geriye gidebileceğimize, yani sıfır zamana ne kadar yaklaşabileceğimize dönüşür.

En dikkatli tahmin, Dünya üzerinde detaylı olarak çalışılmış maddenin en uç yapısını ele alarak başlamaktır. Atom çekirdeği Dünya üzerindeki araştırmacılar tarafından yüzyıldan fazla bir süre önce incelenmiştir ve davranışları derinlemesine anlaşılmıştır. Bu davranışı kavrayışımız aynı zamanda büyük bir başarıyla, içlerinde nükleer etkileşmeler olan yıldızların nasıl işlediğini anlamak için de kullanılır. Fizikçilerin atom çekirdeği yoğunluğuna karşılık gelen yoğunluklarda bulunan maddenin davranışını kavradığı rahatlıkla söylenebilir. Evrenin bugün bilinen yoğunluğundan yola çıkarak, Evrenin daha küçük, ama bugünkü kadar madde içerdiği geçmişteki her çağın yoğunluğunu hesaplamak basit bir problemdir. Burada, bugün gördüğümüz Evrenin parçasının kökeni ve zaman geçtikçe nasıl değiştiğiyle ilgilendiğimiz için Evrenin sonsuz olması önemli değildir; aynı şey belki de ufkumuzun ötesinde de oluyordur, ama bu tartışmayı etkilemez. Bu hesaplamanın sonucu, sıfır zamandan sonraki saniyenin on binde birinde (0,0001) bugün gördüğümüz Evrenin tüm içeriği atom çekirdeği yoğunluğunda sıcak bir madde yığınına sıkışmıştır.

Bu geleneksel olarak Büyük Patlama olarak ifade edilen şeydir; sıcak ateş topu o zaman da hızlıca genişliyordu ve bilinen fizik yasaları ikinci bölümde bahsedilen kara maddenin hesaba katılması şartıyla, tamamen tatmin edici bir şekilde bu genişlemedeki düzensizliklerin Evren yaşlandıkça içinde yıldız ve gezegenlerin oluştuğu galaksilerin büyüdüğü tohumlar haline nasıl geldiğini açıklar. 1960'larda standart Büyük Patlama modeli ilk geliştiğinde[1] açıklayamadıkları şey ateş topunun nereden geldiği ve bugün gördüğümüz yapıların büyümesi için de tam da doğru boyutta düzensizlikleri oluşturmak ve genişlemesini ayarlamak için 0,0001 saniyeden önce ne olduğuydu. Evren neden maddenin kritik yoğunluğuna sahipti?

40 sene önce, 1960'ların sonunda bu, kozmolojinin gidebildiği en uç noktaydı. Kimse Evrenin nasıl tekil bir köken gibi gözüken yüksek sıcaklıktaki çekirdek yoğunluğu durumundan hızlıca genişlediğini bilmiyordu; hatta birçok kozmolog asla

1 Big Bang fikri bundan çok daha eskiye gitmektedir, ama dikkatlice hazırlanmış Big Bang modeli sadece 40 yaşından biraz daha fazladır.

bilemeyeceğimizi düşünüyordu. Ama on sene içinde, 1970'lerin sonunda, parçacık fiziği ve kozmolojinin evliliği, geleneksel Büyük Patlamadan[2] önce Evreni genişletmeye başlatanın ne olduğunu açıklamaya başladı. Şimdi şişme olarak bilinen bu fikrin gelişimi, genişleyen bir metaevren içinde Evrenin kendisinin kökeninin bir açıklamasını sunar. Hatta bizi çoklu evrene bağlantılayabilir.

Parçacık Bağlantısı

"Parçacık" fiziği yanlış bir isim gibi görünür, çünkü gördüğümüz gibi, fizikçiler elektron gibi temel varlıkları, hem parçacık hem de dalga özellikleri olan kuantum olguları olarak kabul ederler. Bunlar kütleçekimsel ve manyetik alanlar gibi alanların davranışı cinsinden tanımlanırlar. Kütleçekim ve manyetizma gibi kuvvetlerin kendileri de alanlar cinsinden tanımlandığı için, parçacıkların ve kuvvetlerin uygun şekilde nasıl etkileştiği üzerine çalışmalar kuantum alan teorisi olarak bilinir; ama parçacık fiziği daha az korkutucu bir terimdir ve kuantum alan teorisyenleri tarafından bile genişçe kullanılır. En önemli nokta, ne isimle anılırsa anılsın, teorinin elektron gibi şeylerin elektromanyetizma ve diğer etkileşme biçimleri ile parçacık ve kuvvetlerin davranışını tanımladığıdır.

Gerçekten ele alınması gereken iki önemli fikir vardır. İlki, $E=mc^2$ ile uyumlu olarak enerjinin madde, parçacık ve alanlar arasında değiş tokuş yapabileceğidir. Kuantum seviyesinde bu, bir çeşit alandan diğer çeşit alana değişimi içerdiği için, ilk bakışta gözüktüğünden daha az hayret vericidir. Eğer alanda yeteri kadar uygun yerel enerji varsa, kendini bir çift parçacığa dönüştürebilir (kesin konuşmak gerekirse, bir parçacık ve onun karşı-parçacık karşılığı) ve bu varlıklar enerjileri başka bir çeşit alan enerjisine dönüştükçe yok olarak etkileşebilir. En basit örnek, tamamen tersine çevrilebilir bir etkileşmeyle bir elektron ve bir pozitrona dönüşen bir yüksek enerji fotonudur (elektromanyetik alanın kuantumu). İkinci önemli fikir, bugün Evren-

2 Bugün Big Bang terimi, genellikle sıfır zamandan bu yana olan her şey için kullanılır.

de bulduğumuz tüm kuvvetlerin, yani kütleçekim, elektromanyetizma ve sadece çekirdek ve altı ölçekte işleyen iki kuvvetin ("yeğin" ve "zayıf" olarak isimlendirilen), çok yüksek enerjilerde işleyen tek bir süper kuvvetten ayrılmış olduğudur.

Fizikçiler henüz bu süper kuvveti tanımlayacak eşsiz bir denklem dizisini bulamadılar; ama kuvvetleri birleştirme fikri hemen hemen yenidir. 19. yüzyılda, İskoç James Clerk Maxwell, daha önce oldukça farklı kuvvetler olduğu düşünülen hem elektrik hem de manyetizmayı tanımlamak için, onları bir pakette tek bir kuvvet (veya tek bir alan olarak), elektromanyetizmanın farklı yönleri olarak sayıp bir denklem dizisi keşfetti. Bundan sonra, kuantum elektrodinamiği ya da KED olarak bilinen, elektromanyetizmanın kuantum versiyonu, tatmin edici bir şekilde tek bir matematiksel pakette zayıf kuvvet ile birleştirildi ve yeğin kuvvetin bu "elektrozayıf" teorinin genişletilmiş versiyonuna eklenebileceğine dair ilgi uyandıran işaretler vardır. Büyük sorun, en zayıf kuvvet olan kütleçekimi diğerleri gibi aynı matematiksel pakete yerleştirmektir. Bu yüzden kuantum kütleçekimi bugün araştırma dünyasının güncel bir konusudur; tekilliklerden kurtulmak için en iyi yöntemi sağlayarak, tüm kuvvet ve parçacıkları alan teorisyenlerinin "Her Şeyin Teorisi" dediği şeyde bir arada tanımlayarak tek bir denklem dizisini bulma umudu sunar. Sonraki bölümde; şimdilik önemli olan parçacık fiziği veya tercih ederseniz alan teorisinin, bize Büyük Patlamanın kökeni hakkında ne anlatabileceği ele alınacaktır.

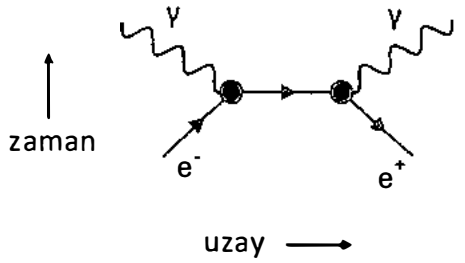
Hiçbir Şey Yoktan Var Olmaz

Fizikçilerin kuantum kütleçekiminin zamanın doğuşundaki tekillik sorununu çözeceğine inanmış olmalarındaki temel sebep, kuantum fiziğinin bize zamanın diğer her şey gibi kuantize olduğunu söylemesidir. Başka bir deyişle, zamanın bölünemeyen en küçük olası bir birimi vardır. Elbette bu temel zaman birimi çok küçüktür: 10^{-43} saniye, yani 1'e ulaşmanız için ondalık virgülü 42 sıfırın takip etmesi gereken sayı. Bu yüzden günlük yaşantımızda zamanın taneselliğini fark etmeyiz (gerçi bu taneselliği zamanın Hoyle/Deutsch tanımlamasındaki "zaman dilimleri" ile

ilişkilendirebilirsiniz). Ama bu sıfır *değildir*. Bu, herhangi bir tatmin edici kuantum kütleçekim teorisinin bize Evrenin sıfır zamanda sonsuz yoğunlukta ki bir tekillikten değil, çok yüksek bir yoğunluk durumunda (ama sonlu), kuantumun öncüsü Max Planck onuruna Planck zamanı olarak bilinen 10^{-43} saniye yaşıyla başladığını söyleyeceği anlamına gelir. Daha erken bir zaman yoktur. Buradan Planck zamanı yaşıyla başlayacak bir evren "yapmanın" çok kolay olduğu ortaya çıkar; onu akla uygun bir şekilde 10^{-43}'ten 0,0001 saniyeye getirmek olanaklıdır.

Şaşırtıcı bir şekilde, Evreni bir kuantum dalgalanması olarak gören bu fikir, 1960'ların sonunda ciddiye alınmamış olmasına karşın, geleneksel Büyük Patlama modeli kadar eskiye gider. Doğrudan, birinci bölümde tanımladığım, bize eşlenik değişkenler olarak bilinen parametre çiftlerinin her birini kesin olarak aynı anda tayin etmenin imkânsız olduğunu söyleyen kuantum fiziğinin belirsizlik bağlantısından ortaya çıkar. Bunun ölçüm aletlerimizin kusurlu olmasından dolayı değil, dünyanın işleyiş şeklinin temel bir özelliği olmasından dolayı olduğunu hatırlayınız. Bu eşlenik değişken çiftlerinin en önemlilerinden biri enerji/zamandır. Kuantum belirsizliği elektron gibi bir nesnenin kesin bir enerjiye sahip olmasının imkânsız olduğunu söyler; ne kadar enerji taşıdığı hakkında hep biraz belirsizlik vardır. Bu yeteri kadar anlaşılırdır. Ama kuantum belirsizliği bize aynı zamanda boş uzayın enerjisinin bile kesin bir değere sahip olmasının imkânsız olduğunu söyler ve sıfır kesin bir değerdir.

Bu demektir ki, boş uzayın herhangi bir küçük (veya büyük) hacminde biraz enerji olabilir. Bu enerji, parçacıkların kısa ömürlü olması şartıyla, kendini parçacık yapısında gösterebilir (burası zamanın denklemin içine girdiği yerdir). Kendini, birbirini sonra yok edip başka bir fotona dönüştürecek bir elektron/pozitron çiftine dönüştüren bir foton yerine, belirsizlik bağıntısı tarafından belirlenen belirli bir zaman içerisinde parçacıklar birbirini yok etmek ve ortadan kaybolmak şartıyla, bir elektron/pozitron çifti yoktan ortaya çıkabilir. Hep kuantum belirsizliği tarafından belirlenen zaman içerisinde, diğer parçacık çeşitleri ve enerji yapıları aynı şekilde ortaya çıkıp yok olabilirler.



Kuantum elektrodinamiğinde kullanılan Feynman diyagramı ile elektron/pozitron etkileşmesi.

Kuantum fiziğine göre, boş uzay, yani vakum olarak düşündüğümüz şey aslında bu şekilde oluşmuş kısa ömürlü varlıkların kaynaşmasıdır. Onlar sadece teorik bir tahmin değildirler; elektron gibi gerçek yüklü parçacıklar etrafındaki bu "sanal" parçacık bulutunun varlığı, elektrik ve manyetik güçlerin ölçülen kuvvetini açıklamada önemlidir. Ama ilgili uzunluk ve zaman ölçekleri kesinlikle çok küçüktür. Az önce verilen örnek için, dalgalanma sadece yaklaşık 10^{-21} saniye sürer ve elektron ile pozitron arasındaki ayrım asla 10^{-10} cm'yi aşmaz. Daha fazla kütlenin katılması (elbette daha fazla enerji demektir) dalgalanmanın var olabileceği daha az zaman anlamına gelir.

Bu, foton, elektron ve pozitron gibi varlıklara uygulandığında oldukça iyidir. Ama 1960'ların sonlarında, genç bir araştırmacı Edward Tryon, New York'taki Columbia Üniversitesi'ndeki bir seminerde önerisini birdenbire söylediğinde, ki herkes kadar kendi de şaşırmıştı, bilim dünyası kesinlikle tüm evrenin bir vakum dalgalanması olabileceği ihtimalini düşünmek için hazır değildi. Tryon parçacık fiziğindeki doktora çalışmasını tamamlamamıştı ve İngiltere'den ziyarete gelen Dennis Sciama'nın kozmoloji üzerine verdiği konferansa katılan dinleyiciler arasında kıdem olarak oldukça aşağıda biriydi. Sunumdaki bir ara sırasında, Evrenin bir vakum dalgalanması olabileceği fikri kafasında uyandı ve bunu düşünmeden yüksek sesle söyledi. Ar-

dından gelen kahkahayla o kadar utandı ki olayı aklından sildi ve birkaç yıl boyunca üzerine düşünmeyi bile hatırlamadı.

Ama 1970'lerin başlarında bazı yeni gelişmeler, fikri tekrar onun bilinçli bilimsel gündemine oturttu. Tryon kozmolojik incelemesine devam etti ve 1971'de, New York'ta Hunter College'da çalışırken, *Nature* dergisinde Evrenin bizim içinde olduğumuz büyük bir kara deliğe karşılık gelebileceği ihtimalini ele alan bir inceleme makalesi okudu.[3] Bu fikir diğerlerinin arasında, Ontario'daki Waterloo Üniversitesi'nden R. K. Pathria tarafından ele alındı ve Tryon'ın da okuduğu, *Nature*'da Aralık 1972'de kendisi tarafından yayımlanan bir makalede düzgün bir matematiksel çerçeveye oturtuldu. Ama olayın tekrar hatırlanması *Nature* okuyan başka bir meslektaşının Sciama'nın seminerindeki çıkışını hatırlattığında oldu.

Tryon, önceki bölümde ele alındığı üzere kütle enerjisi ve kütleçekimsel enerji arasındaki takas yüzünden bir karadeliğin toplam enerjisinin sıfır olduğunu biliyordu ve bu ona hatırlatıldığında, Evrenin bir kuantum dalgalanması olabileceği fikrinin tamamen çalışılmış versiyonunun ona "ani bir parlamayla" geldiğini söyler. Bilinçaltının üç yıldan beri problem üzerinde çalıştığını ve problemin tamamen çözülerek kahkahaya sebep olmayacak hale geldiğinde bilincini serbest bıraktığını söyler. Fikrinin tamamen çözülmüş versiyonu haklı olarak Aralık 1973'de *Nature*'da yayımlanmıştır. Hızla bir ilgi uyandırmış; ama özgün fikir hakkındaki önemli bir sorun yüzünden bu ilgi kısa sürede azalmıştır.

Tryon bir kuantum dalgalanmasının bir protondan daha küçük bir ölçekte, ama görünür Evren kadar kütle enerjisi içermesi gerektiğini önerdi, çünkü aksi takdirde tüm bu kütle-enerji, dalgalanmayla ilişkili negatif kütleçekimsel enerji tarafından yok edilirdi. Böyle bir dalgalanmanın sahip olacağı daha fazla enerji, ömrünü daha kısa kılar; ama sahip olacağı daha az enerji daha uzun yaşayabileceği anlamına gelir. Sıfır enerjiye sahip olacağı için, kuantum kuralları böyle bir evrensel dalgalanmanın sonsuza kadar sürmesine olanak sağlayabilirdi!

3 Benim yazdığım bu makale 13 Ağustos 1971'de yayımlandı.

Lucretius, "hiçbir şey, yoktan var olamaz." demişti. Binlerce yıllık çıkarım, Evrenin yoktan var olamayacağıydı. Şimdi, Tryon bu deyişi tersine çevirerek demiştir ki, gerçekte, Evren *hiçbir şeydir*. Kendi kütleçekiminin negatifliğiyle dengelenmiş Evrenin kütle enerjisiyle "hiçbir şey"dir ve aslında yoktan var edilebilir. Ama büyük güçlük, kuantum belirsizliğinin söylediği kurallara bakmadan, devasa kütleçekimsel çekiminin böyle bir süper yoğun "hiçbir şeyi" tek bir tekilliğe çökertebileceğidir. 1973'de hiç kimse, saniyenin on binde birinde, böyle bir kozmik tohumu kuantum ölçeğinden nükleer yoğunluğa şişirmenin bir yolunu bilmiyordu. Ama 1970'lerin sonunda, her şey değişti.

Evreni Şişirmek

Kozmologların, ikinci bölümde ele aldığım Evrenin kritik yoğunluğa yaklaştığında neredeyse düz ve maddenin Evrendeki dağılımının büyük ölçeklerde inanılmaz derece düzgün olması, ama galaksiler, yıldızlar, gezegenler ve bizler gibi şeylerin gelişmesini sağlayan büyüklükte düzensizliklere sahip olması gibi, rastlantılar hakkında ciddi olarak düşünmeye başlaması, 1960'ların sonunda, standart Büyük Patlama fikrinin kesin olarak Evrenin iyi bir açıklaması olarak yerleşmesinden hemen sonrasıydı. Büyük Patlama modeline göre, bu özellikler Büyük Patlama zamanında, Evren saniyenin on binde biri yaşındayken ve her şey bugün bir atom çekirdeğinin yoğunluğu kadarken ortaya çıkmıştı. Kanıtlar etrafımızda gördüğümüz Evrenin gerçekten sıcak bir ateş topundan ortaya çıktığıyla örtüşünce, bu özelliklerin nasıl çıktığı sorusu daha çok cevap bekler hale geldi. İnsanlar gerçekten bir Büyük Patlama olduğundan emin olamadıkları zamanlarda buna pek az önem verdi; ama şimdi insanlar Evrenin bu şekilde gelişmesi için Büyük Patlamada neyin ayarlandığını ortaya çıkarmaya, Evrenin daha önceki zamanlarda, daha sıcak ve daha yoğunken, nasıl olduğunu anlamaya çalışmaya başladılar.

Bu araştırma, yüksek enerji parçacık hızlandırıcılarında yapılan deneylerin sonuçlarını temel alan teoriler kullanarak, yüksek enerji parçacık fiziğinden gelen fikirleri hesaba katma-

yı gerektirdi. Bunlar, örneğin proton ve nötron gibi varlıkların aslında kuarklar olarak bilinen daha küçük varlıklardan oluştuğunu ve doğanın tüm kuvvetlerinin açıklamasının tek bir matematiksel pakette birleştirilebileceğini öne süren deney ve teorilerdir. En büyük ölçeklerde Evreni anlamak için, öncelikle çok küçük ölçeklerde yüksek enerjili parçacıkların ve kuvvetlerin (alanların) davranışını anlamanın gerektiği ortaya çıktı.

Bir bakış açısı oluşturmak gerekirse, 1930'lardaki parçacık hızlandırıcıları tarafından ulaşılan enerjiler, Evren üç dakikadan biraz daha yaşlıyken var olmuş koşullara karşılık gelir; 1950'lerdeki hızlandırıcılar Evren saniyenin birkaç yüz milyonda bir yaşındayken, var olmuş enerjilere ulaşabiliyordu; 1980'lerin sonunda, parçacık fizikçileri Evrenin saniyenin bin milyarda birinin onda biri yaşındayken (10^{-13} saniye) var olan enerjileri araştırıyorlardı; ve Cenevre yakınlarındaki CERN'de bulunan, yeni Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC), Evren 5×10^{-15} saniye, yani ondalık virgülü takip eden 14 sıfır ve bir 5 ile belirtilen zamanın bir parçası yaşındayken, var olan koşulları yeniden oluşturmak için tasarlanmıştır.

Burada tüm detaylara girmeye gerek yok, ama bugün Evrende işleyen dört çeşit kuvvet arasındaki farkın yüksek enerjilerde silik hale gelmesi önemli bir noktadır. Belli bir enerjide, elektromanyetik kuvvet ile zayıf kuvvet arasındaki fark yok olur ve tek bir elektrozayıf kuvvete birleşirler; yüksek enerjide, elektrozayıf kuvvet ile yeğin kuvvet arasındaki fark kaybolur ve büyük birleşik kuvvet[4] olarak bilinen şeyi oluşturur. Daha yüksek enerjilerde bu birleşmiş kuvvetlerle kütleçekimin arasındaki farkın kaybolacağını düşünülmektedir.

Erken Evrene gelince, yüksek enerjiler daha önceki zamanlarda var olmuşlardır. Dolayısıyla öneri, Planck zamanında önce tek bir süper kuvvet olduğu, Evren genişleyip soğudukça önce kütleçekimin, sonra yeğin kuvvetin ve daha sonra da zayıf kuvvetin ayrıldığıdır. Bu bize nasıl yardımcı olur? 1970'lerin sonunda genç bir araştırmacının fark ettiği gibi, bu soğuma ve kuvvetlerin ayrılması, bir protondan çok daha küçük bir süper

4 Bunu açıklayan teoriler Büyük Birleşme Teorilerindeki veya BBK (GUT) olarak bilinir.

yoğun maddenin hacminin bir anda greyfurt büyüklüğüne erişecek şekilde Evrenin çarpıcı genişlemesiyle alakalı olabilirdi. Bu greyfurt bizim Büyük Patlama dediğimiz, bugün tüm görünür Evrene dönüşen her şeyi içeren sıcak ateş topuydu.

Bu araştırmacı, daha sonra (1979'da) MIT'de çalışacak ve Büyük Patlama bilmecesiyle ilgilenecek Alan Guth idi. Guth, başlangıçta kuantum dalgalanmasının parçası olan ve çok eski Evrenin davranışında büyük etkisi olabilecek, skaler alan olarak bilinen bir çeşit alan olduğunun farkına vardı. Skaler alanın basıncı negatif olmalıydı. Bu göründüğü kadar etkileyici değildir; sadece bu tip bir basıncın onları birbirinden ayırmaktan ziyade, birbirine çekeceği anlamına gelir. Gerilmiş bir lastik, negatif bir basınç oluşturur, gerçi biz buna genellikle gerilim deriz. Ama bir skaler alanla ilişkili negatif basınç çok büyük olabilir ve onunla ilgili çok tuhaf bir şeye sahiptir: Evrenin daha hızlı genişlemesini sağlayan negatif kütleçekim (bu aslında daha önce tanımlanan, ama daha önemli bir ölçekte olan lambda alanıyla aynı etkidir).

Guth, Evrenin başlangıcındaki skaler alanın varlığının Evrenin herhangi bir parçasının büyüklüğünü, herhangi seçilmiş bir uzay hacmini, karakteristik bir ikileme zamanıyla tekrar tekrar ikiye katlayabilmiş olabileceğini gördü. Guth'ın o zaman göremediği, ama fikirlerinin kozmologlara hemen çekici gelmesini sağlayan şey, bu tür üssel genişlemenin Einstein'ın denklemlerinin en basit çözümlerinden biri tarafından tanımlanmış olmasıydı; bu 1917'de Einstein'ın denklemlerine bu çözümü getiren Hollandalı Willem de Sitter'den sonra de Sitter evreni olarak bilinen kozmolojik bir modeldi.

Guth, Büyük Birleşme Teorilerindeki bilgiyi işin içine katınca, skaler alanla ilişkili karakteristik ikileme zamanının yaklaşık 10^{-37} saniye olması gerektiğini buldu. Bu demektir ki, bu olağanüstü kısa aralıkta erken Evrenin herhangi bir hacmi büyüklüğünü ikiye katlar, sonraki 10^{-37} saniyede bir daha ikiye katlar, 10^{-37} saniye sonra bir daha vs. Üç ikilemeden sonra, Evrenin bu parçası başlangıçtaki büyüklüğünün sekiz katı haline gelir, dört ikilemeden sonra ise başlangıçtaki halinin 16 katına, vs. N adet ikilemeden sonra, başlangıçta büyüklüğünün 2^n ka-

tı kadar olur. Bu şekilde tekrarlanan bir ikilemenin çarpıcı bir etkisi vardır. Bir protondan daha küçük bir uzay bölgesini, bir greyfurt hacmine şişirmek için sadece 60 ikileme yeterlidir ve her biri 10^{-37} saniye sürecek 60 ikilemenin tamamlanması, 10^{-35} saniyeden daha az zaman alır.

Eğer şanslıysak, LHC Evren 10^{-15} saniye yaşındayken var olan enerjileri inceleyebilecek. 10^{-15} ile 10^{-35} arasında pek fark yok gibi gelebilir, ama bu bizim 15 ile 35 arasındaki farka bakıp "sadece" 20 olarak düşünmemizden kaynaklanmaktadır; aslında bu 10^{20} etkenindedir; bu demektir ki 10^{-15} saniyesindeki Evren, 10^{-35} saniyedekinden yüz milyar kere milyar kat daha yaşlıdır. Başka bir şekilde bakacak olursak, 10^{-15} ile 10^{-35} arasındaki fark, 1 ve 10^{-15} arasındaki farkın 10^5 (yüz bin) katıdır. Dolayısıyla Dünya üzerindeki deneylerde doğrudan bu enerjileri incelemek için umut yoktur; Evrenin kendisi teorilerimiz için deneme tahtasıdır.

Tüm bunlar Guth'ın esas hesapları üzerine temellendirilmiştir. Şişme teorisinin bazı çağdaş versiyonları, sürecin daha yavaş olabilmiş ve tamamlanmasının 10^{-32} saniye sürmüş olabileceğini önerir; ama bu hâlâ, Guth'un süper yoğun maddenin küçük bir parçasını alıp hızla genişleyen bir ateş topuna[5] döndürmenin bir yolunu bulmuş olduğu anlamına gelir. Genişlemenin bu daha iddiasız versiyonuyla bile bir tenis topunu alıp gözlenebilir Evren büyüklüğüne şişirmenin 10^{-32} saniye sürmesine denk gelirdi. Skaler alan "bozunduğunda", enerjisini Büyük Patlama ateş topunun ısısına ve Evrendeki maddenin tüm parçacıklarına dönüşen kütle enerjisine vererek, süreç bir sona ulaşır. Guth, Tryon'un bir vakum dalgalanması olarak Evren fikri ve geleneksel Büyük Patlama arasındaki eksik halkayı bulmuştur; skaler alanın karşı kütleçekimi, Tryon'un fikrinin ana sorunu olarak gözüken kendine ait kütleçekimi yener. Ama o tarihte Guth, Tryon'un çalışmasından haberdar bile değildi.

Şişme teorisinin halen devam eden çekiciliği, kozmik rastlantıların birçoğunu açıklamasıdır. İkinci bölümde tanımlandığı üzere, 60 veya daha fazla ikilemeyle oluşan uzayın büyük uza-

5 Bu hızlı genişleme ışıktan daha hızlı ilerler gibi gözükmektedir. Bu anlaşılırdır, çünkü ışık hızı bir şeyin uzay boyunca yol alabileceği en uç hızdır. Enflasyonda, uzayın kendisi uzamaktadır.

ması, düzensizlikleri düzleştirir, tıpkı kuru eriğin yüzeyindeki kırışıkların, erik suya konulup genişlediğinde düzleşmesi gibi. Eğer boyutu 60 kere ikilenseydi (bir eriğin güneş sisteminin yaklaşık bin katı büyüklüğünde olduğunu düşünün) ve siz yüzeyinde dursaydınız, tamamen düz olmasından çok, biraz eğimli olduğunu bile anlayamazdınız; tıpkı uzun bir süre Dünya üzerinde yaşayan insanların Dünya'nın düz olduğunu düşünmesi gibi. Başka bir deyişle, şişme Evrenin yoğunluğunu ayırt edilemez biçimde kritik yoğunluğa yakın olmaya zorlar.

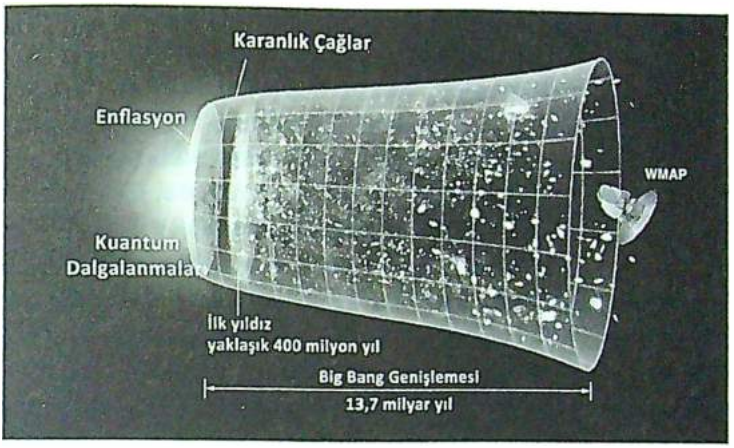
Düzleştirme kusurludur, çünkü şişme sırasında "sıradan" kuantum dalgalanmaları, şişme devam ettikçe, kendilerini uzatan küçük dalgacıklar üretecektir.[6] Dolayısıyla bugün Evrendeki galaksilerin yapısındaki maddenin dağılımı, sadece sıfır zamandan sonraki ilk ayrılmadan ortaya çıkan kuantum dalgalanmaları ağının genişlemiş bir versiyonudur. İstatistiksel olarak, gökyüzündeki galaksiler deseni, gerçekten de bu tür dalgalanmalar için beklenen desendir, ki bu da şişme fikrinin lehine güçlü bir kanıttır. Eğer tüm görünür Evren bir protondan küçük bir bölgeden şiştiyse, aynı şekilde başka şişen evrenlerin olabileceği, ama sonsuza denk ufkumuzun ötesinde olacakları için, diğer birçok kozmik rastlantı şişme çerçevesinde açıklanabilir. Üstelik hepsinin aynı şekilde, belki de aynı fizik yasalarıyla bile şişmiş olması gerekmez.

Bu, Boltzmann'ın fikirlerini tekrar eden ve aynı zamanda belki de yanlış bir şekilde tarihin çöp tenekesine gönderilmiş başka bir fikri, Evrenin Kararlı Hal modelini anımsatan yeni fikirlere yol açmıştır.

Kararlı Halin Geri Dönüşü Mü?

1980'de, Alan Guth'a yeni şişme fikrinin Evrenin Kararlı Hal modeliyle nasıl bir ilişkisi olduğu sorulduğunda şöyle cevapladı: "Kararlı Hal modeli de ne?" 20 yıl öncesine kadar, Kararlı Hal modeli hâlâ Büyük Patlama modeline tutarlı bir alternatif olarak görülüyordu. Guth'ın sorusundan bir çeyrek yüzyıl sonra,

6 Genişleyen bir evrende uzayan kuantum dalgalanmaları fikri ilk olarak Rus kozmolog Slava Mukhanov tarafından düşünülmüştür.



Evrenin gelişiminin basit bir zaman çizelgesi. Şişmenin süreçteki yeri solda belirtilmiştir.

köprünün altından çok sular akmasına ve daha az sayıda insanın Kararlı Hal modelini hatırlamasına rağmen, çağdaş şişme teorisiyle nasıl ilişkili olduğunu yeniden ele almadan önce, tarihi biraz daha detaylı açıklamaya değer.

1940'ların sonunda, Evrenin genişlediği ispatlanmış olsa da, etrafımızda görebileceğimiz her şeyin bir tekilliğe (veya yakınına) kümelendiği zamandaki belirli bir anda varlık bulduğu fikriyle ilgili ciddi sorunları vardı. En büyük problem, o tarihte evrenin genişleme hızının tahminlerinin evrenin en yaşlı yıldızlardan bile genç, sadece birkaç milyar yaşında olduğu sonucunu çıkarmasıydı. Ayrıca, zamanın başladığı ana karşılık gelen bir başlangıcı olan Evren fikrine karşı yıllardır süregelen felsefi engeller vardı. Bütün bunlara karşı, Cambridge Üniversitesi'ndeki üç astronom/matematikçi Herman Bondi, Thomas Gold ve Fred Hoyle, kararlı bir hızla genişlemesine rağmen, Evrenin genel görünümünde ebedi ve değişmez olabileceği fikrini geliştirdiler.

İlk Kararlı Hal fikrinin özü, galaksi kümelerini birbirinden uzaklaştıkça, evrenin uzamasına sebep olan aynı işlemlerin kümeler arasındaki yeni uzay içinde, yeni hidrojen atomlarının oluşmasına sebep olabileceği, dolayısıyla maddenin kozmik yoğunluğunun sürekli aynı kalabileceğiydi. Bu işi yapmak için

oluşması gereken yeterli yeni madde miktarı, sadece her yıl uzayın her 10 milyar metre kübünde yaklaşık bir atomdur, ki bu da çok abartılı gözükmemiştir. Bu atomlar, milyarlarca yıl boyunca galaksiler, yıldızlar ve maddesel dünyanın geri kalanını oluşturmak için yoğunlaşabilecek bulutları oluşturabilir.

1950'lerde, hatta daha da sonrada, Kararlı Hal fikri destekçilerine, bu şekilde hidrojen atomunun kararlı ve devamlı yaratımı kavramı, Evrendeki tüm maddenin aniden bir seferde bir Büyük Patlamada oluştuğu fikrinden daha anlaşılmaz görünmüyordu. Eğer onlar haklıysa, o zaman kozmik zamandaki herhangi bir anda Evren, örneğin herhangi belirli bir uzay hacminde, her zaman aynı galaksiler var olamayabileceği ihtimaline rağmen,aynı sayıda galaksi ve kümelerle, hemen hemen aynı görünüme sahip olurdu.

Kararlı Hal modelinin, en az her şey kadar felsefi düşüncelere dayandırılmış bu en basit versiyonu tamamen yanlıştır. Gözlemler gösterir ki, Evrenin derinliklerine baktığımızda, ki bu zamanda geriye bakmaya karşılık gelir,[7] Samanyolu'na yakın olanlardan daha genç ve birbirine bugünden daha yakın galaksiler görürüz. Aynı zamanda kozmik ardalan ışımasından da bir kanıt vardır; Evrenin daha sıcak ve daha yoğun bir durumundan genişlediğine şüphe yoktur. Kararlı Hal modeli icat edildikten on yıllar sonra, Evrenin yaş sorunu da belirginleşti. Bir taraftan yıldızların yaşlarının geliştirilmiş tahminleri, en yaşlı yıldızların 13 milyar yıldan biraz daha yaşlı olduğunu söylerken, Evrenin hangi hızda genişlediğinin geliştirilmiş ölçümleri bize Büyük Patlamanın yaklaşık 13,7 milyar yıl önce olduğunu söyler. Her şey oturmaktadır. Ama Kararlı Hal modelinin basit versiyonu bu konuda son sözü söylemiyordu.

Özellikle Hoyle Hintli meslektaşı Jayant Narlikar ile birlikte, genel görelilik teorisi denklemlerinin bağlamı içerisinde, Kararlı Hal fikrinin tamamen matematiksel bir versiyonunu geliştirdiler. Modeldeki ana kavram C-alan ("C" yaradılışı temsil eder*) fikriydi; C-alan tüm evreni dolduruyordu ve madde ile evreni genişleten bir baskının yaradılışından sorumluydu. Fikrin da-

7 Işığın sınırlı hızı yüzünden.

* Creation –çn.

ha da geliştirilen gözlemlerle uyuşması için, Hoyle ve Narlikar evrenin her yerinde maddenin kararlı, düzenli yaradılışı fikrinden uzaklaşmak zorunda kaldılar. Yerine, yine Kararlı Hal modeli dedikleri yeni bir versiyon koydular; bu modelde madde yaradılışı, kuantum ölçeğindeki küçücük bir hacimde, devasa bir kütle enerjisi bulunduran ve Planck parçacıkları olarak bilinen şeylerin içinde yoğunlaşır. Bu hacim, Planck uzunluğu olarak bilinen olası en küçük yarıçapa sahip bir kürenin hacmidir. Planck zamanından daha kısa bir zaman anı olmadığı gibi, Planck uzunluğundan kısa bir uzaklık yoktur; Evrenin içinden büyüyebilmiş olan en küçük tohum, yarıçapı Planck uzunluğuna eşit olan Planck büyüklüğünde bir Planck parçacığıydı. Kaba bir tanımlamayla, bu bir atom çekirdeği büyüklüğünün milyar trilyonda biriydi. Yine de etrafımızda gördüğümüz Evrendeki tüm kütle enerjisini içeriyordu; toplamda, kütleçekim işin içine girdiğinde, sıfır enerjiye sahipti.

Modele göre, daha büyük (sonsuz büyük) bir metaevren çerçevesinde, böyle Planck parçacıklarında patlamalar, şişme bağlamında açıkladığım süreçle neredeyse özdeş bir süreçte genişleyen uzay baloncuklarını meydana getirebilir. Tek fark, C-alan versiyonunda Planck parçacıklarının özellikle kuantum dalgalanmaları olarak tanımlanmamasıdır. Hoyle ve Narlikar aslında, Büyük Patlama fikrinin yeni bir versiyonunu icat etmişlerdir ve Hoyle'un genç hali muhtemelen bundan ürkerdi. Ama bunu Kararlı Hal cinsinden düşündükleri için, denklemlerin onlara ne anlattığını göremediler.

1960'lar ve 1970'lerde, Hoyle ve Narlikar'ın Kararlı Hal fikrini geliştirilmiş, gözlemsel kanıt koşulu altında desteklemek için harcadıkları çabalar, çoğu kozmoloğa tuhaf ve takıntılı olarak gözüktü. Ama sonunda elde ettikleri şey, Evrenin çok yoğun bir durumunun, daha sonra madde parçacıklarına bozunacak bir enerji alanı tarafından hızlı bir genişleme patlamasına sürüldüğü bir modeldi. Bu aynı zamanda temel şişme modelinin dikkatlice hazırlanmış bir tanımı olabilirdi. Standart şişme modellerindeki şişmeden sorumlu alan, genellikle Yunan harfi fi (Φ) ile gösterilir; Hoyle-Narlikar modelinde, tamamen aynı özelliklere sahip alan C harfiyle gösterilir. Aralık 1994'de, Londra'daki *Ro-*

yal Astronomical Society'deki bir toplantıda, 70'lerinin sonunda ve şişme tartışılırken çalışmalarından hiç bahsedilmemesinden dolayı haklı olarak keyfi kaçan Hoyle'un, şişme teorisindeki denklemlerin aslında Kararlı Hal fikrinin son versiyonundaki denklemlerle aynı olduğunu, ama Φ harfi yerine C harfi kullanıldığını gösterdiği bir sunum yaptığını iyi hatırlıyorum. "Bu," dedi alaycı bir şekilde, "bütün farkı yaratan şey."

Bundan çıkarılacak bir ders varsa, o da gerçeğin denklemlerde yattığıdır ve uzun zaman önce neler olduğuna dair fikirlerimiz, her şeyden çok hayal gücümüze bir katkıdır. Yarım yüzyıldan daha kısa bir sürede görebildiğimiz görünür uzay baloncuğunu her şey olarak düşünmenin kozmologların naifliği olduğu ortaya çıkar, tıpkı atalarının iki bin yıl önce Güneş'in Dünya etrafında döndüğünü düşünmesi gibi. Ne ilk Büyük Patlama fikri ne de ilk Kararlı Hal fikri doğruydu ve şu an Evrenin nasıl böyle olduğuna dair en iyi açıklamamız ikisinin karışımıdır: Daha büyük bir Kararlı Hal bağlamı içerisinde gerçekleşen bir Büyük Patlama. Hoyle hayal ettiğinden daha az ama karşıt fikirlilerden daha haklıydı ve fikirleri sonunda şişmeci Evrenin modern versiyonu bağlamında anılmayı hak ediyor.

Ama Büyük Patlama fikri bağlamında, şişme teorisini, kozmik rastlantılar bilmecesine bir çözüm olarak görerek itibarı hak eden ve kazanan Alan Guth'dır. Nasıl olduğunu tam olarak hatırlayamasa da, ismi uyduran bile o değildi; "Bir isim yaratmayı denediğimi bile hatırlamıyorum," der, "ama günlüğüm gösteriyor ki Aralık [1979] sonundan itibaren buna *şişme* demeye başlamışım."

Bu açıkça zamanı gelen bir fikirdi. Hoyle ve Narlikar'ın rağbette olmayan çalışması dışında, şimdi şişme dediğimiz şeyin başka bir versiyonu, 1970'lerin sonlarında Moskova'daki *L. D. Landau Institute*'de çalışan Alexei Starobinsky tarafından geliştirildi. Bu, aynı temel düşünceyi barındırsa da, Guth'ınkinden çok daha karmaşık, kuantum kütleçekim teorisini temel almış bir modeldi. Ama Soğuk Savaşın olduğu ile e-mail ve internetten önceki o tarihlerde, Sovyet bilim adamları Batıdaki meslektaşlarıyla çok zor iletişim kurabiliyordu ve Starobinsky'nin çalışmasının haberi o zamanlar SSCB dışına yayılmamıştı. Halbuki,

Guth'ın versiyonu yayıldığı zaman, yakında eski Sovyetler Birliği denecek yerden bilim adamları, bu versiyonun gelişmesinde büyük rol oynadılar. Şişme, kısa zaman sonra geleneksel Büyük Patlama modelinin sınırlarının ötesine büyüdü. 1980'lerdeki Guth'ın ilk çalışmasının önemli gelişimi elbette şişme teorisinin bir Evren değil, birçok evreni tanımlamasını sağlayacak bir ilaveydi: Zaman nehrindeki baloncuklar.

Zaman Nehrindeki Baloncuklar

Hiç de şaşırtıcı olmadan, Edward Tryon kısa zaman sonra, şişme bağlamında Evrenin, boşluğun bir kuantum dalgalanması olduğu fikrini yeniden canlandırdı ve fikir 1980'lerin başlarında Tufts Üniversitesi'nde olan Alex Vilenkin tarafından incelikli bir şekilde daha ileriye taşındı. Vilekin o zamanlar SSCB'nin bir parçası olan Harkiv'de doğmuş ve 1971'de Harkiv Eyalet Üniversitesinden mezun olmuştur, ama Sovyetler Birliği'ndeki yetkililer onu "işbirlikçi olmayan" biri saydıkları için doktora çalışmasına devam edememiştir. Çeşitli farklı işler yaparak hayatını kazandığı (bana en sevdiği işin bir hayvanat bahçesinde gece bekçisi olmak olduğunu söylemişti) ve boş zamanında fizik çalıştığı beş yıldan sonra, 1976'da Amerika Birleşik Devletleri'ne göç etmesine izin verildi. Zaten yaptığı bilimsel çalışma sayesinde, ertesi yıl New York Eyalet Üniversitesinden doktora derecesi kazandı. Vilenkin bir kuantum dalgalanması fikrini mantıksal uç noktasına çıkarır. Tryon gibi diğer araştırmacılar, bir "boşluk dalgalanmasından" bahseder, ki bu dalgalanmak için bir boşluk (uzay zamanın bir formu) olmuş olduğunu ifade eder. Ama Vilenkin uzay, zaman ve maddenin tam anlamıyla yoktan varoluşunu matematiksel olarak açıklamaya çalışır. Başarılı olsa da olmasa da. Ama bu zamana kadar şişmenin en başarılı versiyonları bu kadar uçlara gitme ihtiyacı duymamıştır, çünkü onlar zaman başlangıcı olmayan ebedi bir metaevren bağlamı içinde kurulmuşlardır.

Kozmologların şişmenin farklı versiyonları hakkında konuştuğu gerçeği, bu fikrin hâlâ çalışılması gereken bir süreçte olduğunu gösterir. Şişmenin bazı biçimleri için kanıt bulmak

zor olsa da, Evrenin gözlemlenmiş özelliklerinin hepsini açıklayabilen tek kesin bir şişmeci model yoktur; daha çok, detaylandırılmış modeller içinde bir seçme durumu vardır. Bu fikrin gelişiminin ilk zamanlarından, Guth'ın kavradığı gibi, şişmenin tam olarak nasıl başladığı (şişirmeyi yaratan neydi?) ve nasıl sonladığını (skaler alanın enerjisini madde yapısına aktarmaya iten ne oldu?) açıklamakta bazı sorunlar olmuştur. Bu konu üzerine farklı çeşitlemelerin inceliklerine girmeye çalışmayacağım, bunun yerine genel resme bağlı kalıp, kaotik şişme olarak bilinen, fikrin en çekici versiyonlarından birini tanımlayacağım.

Şişmenin önceki versiyonları ince ayar ihtiyacı sorununa sahipti. En basit örneklerden birini ele almak gerekirse, eğer şişme uzayı düzleştirme işini bitirmeden önce dursaydı, sonuçlanan evren besbelli kendi etrafında yuvarlak olarak dönebilecek anlamda eğri, maddenin daha yoğun olduğu haliyle etrafımızda gördüğümüz Evrenden daha yumrulu olurdu. Oldukça olası olarak, böyle bir evren yaşam için uygun olmazdı. Şişme her boyutta olur. Dolayısıyla Evren bizim gibi yaşam formlarına uygun bir ev olacak özellikleri tam olarak sağlayan bir şişmeden nasıl doğmuştur? İnce ayar sorununun çözümü ikinci bölümde de ele alınan tüm kozmik rastlantıların çözümüyle aynıdır; ama şu an diğer dünyalar hakkında felsefi görüşlere başvurmaktan ziyade, bunu tartışabileceğimiz düzgün kozmolojik bir bağlama sahibiz. Bir evren seçimi olmalıdır ve bizim gibi yaşam formlarının yapısı etrafımızda gördüğümüz gibi bir evren seçer.

Vilenkin'den farklı olarak, Sovyetler Birliği'nde akademik kariyerini doktora seviyesine (1974'de verilmiştir) ve ötesine taşıyan Moskova doğumlu kozmolog Andrei Linde tarafından bu fikir ele alınıp geliştirilmiştir. 1980'lerin sonunda Amerika Birleşik Devletleri'ne yerleşen Linde halen Stanford Üniversitesi'ndedir; ama onun kaotik şişme fikri Moskova'daki Lebedev Enstitüsünde çalışırken geliştirilmiştir. 1980'lerin başlarında bağımsız olarak Pennysylvania Üniversitesi'nden Paul Steinhardt ve Andreas Albrecht tarafından, Linde'nin şişme üzerine çalışmasına benzer fikirler geliştirilmiştir.

Linde'nin fark ettiği önemli nokta, ilkin şişen, daha sonra da yavaş yavaş görünür Evrenimiz haline gelen Planck büyük-

lüğündeki uzayzaman bölgesiyle ilgili, eşsiz, hatta özel bir şeye bile gerek olmamasıydı. Her çeşit skaler alanın çalıştığı veya çalışmakta olduğu, belki de sonsuz olarak büyük uzayzamanda, belki de sonsuz sayıda Planck büyüklüğündeki bölgeler olabilirdi. Kuantum ölçeğinde, bizim hesap etmeden "boş uzay" dediğimiz şey aslında kuantum dalgalanmalarının fokurdayan bir köpüğüdür ve Linde'nin fark ettiği şekilde şişme herhangi birinde başlayabilir.[8] Bazı Planck parçacıkları gerçekten, Tryon'ın ilk fikrinin eleştirilerinin ileri sürdüğü şekilde, tekrar çökmeden önceki zamanların en kısasında genişleyebilirdi. Diğerleri belki biraz şişebilirdi, ama asla yıldız ve insanlar gibi enteresan şeylerin oluşmasına yeterli olmazdı. Diğerleri belki o kadar hızlı genişleyebilirdi ki, madde yıldız ve gezegenlerin oluşması için çok ince olacağından dağılabilirdi. Ortalama sonuç uzayzamanın farklı bölgelerinde, farklı hızlarla genişleyen baloncukların kaotik bir kargaşası olurdu ki burada kaos yine günlük hayattaki anlamıyla kullanılmıştır, matematiksel kaos teorisindeki terim anlamında değil. Yeni açılmış bir şampanya şişesindeki baloncuklarla bir benzetme yapılabilirdi belki; ama işin aslını göstermek için bu benzetmede şişe sonsuz büyük olmalıdır.

Kozmolojinin "kaotik şişme" versiyonunu ilk kullanan Linde'dir. Doğal bir şekilde, hemen akabinde, kozmik rastlantıların standart antropik açıklamasına dönüşen şeyi önerir. Metaevrende yüzen olası baloncuk evrenlerin sonsuz dizisinden, biz ister istemez kendimizi yaşam için uygun olan birinde buluruz, çünkü yaşam için uygun olmayan baloncukların içinde neler olduğunu fark edecek başka yaşam formları yoktur. Diğer baloncuklar tam olarak farklı büyüklüklere veya genişleme hızlarına sahip olmayabilirler, ama Planck parçacığında skaler alanların etkileşmesi ve temel kuvvetlerin birbirinden ayrılması sayesinde, kütleçekim kuvveti veya nükleer yanmanın verimliliği gibi şeylerde farklı değerlere sahip olabilirler. Temel kuvvetlerin sayısı ve temel parçacıkların yapısı bile farklı baloncuklarda farklı olabilir. Max Tegmark buna "2. Tür" Çoklu Evren der.

8 Hatta bizim Evrenimiz içinde bile bir kuantum dalgalanması başlayabilir; ama Yedinci Bölümde açıklayacağım gibi, bu bizim varlığımızı yok etmez.

Kaotik şişmede bir sürpriz daha vardır. Şişmenin ilk versiyonunda, tıpkı Tryon'ın bir kuantum dalgalanmasından oluşan Evrenin görüntüsü versiyonunda ve 1960'lar ile 1970'lerdeki standart Büyük Patlama modelinde olduğu gibi, Evrenin doğuşundaki tekillikten veya tekilliğe yakın bir zamandan "önce" ne geliyordu sorunu vardır. Kaotik şişme, Evrenimizin ebedi bir uzayzaman bölgesindeki bir kuantum dalgalanmasından büyüdüğünü ve tamamen eşdeğer süreçlerin metaevrenin başka bir yerinde şişmenin diğer bölgelerini yarattığını önerir. Kaotik şişmenin metaevreninde (tıpkı Hoyle ve Narlikar'ın C-alan kozmolojisinde olduğu gibi) zamanın başlangıcı veya sonu yoktur. Bu demektir ki, kaotik şişme ebedi olabilir. Ne yazık ki, "ebedi şişme" (Linde tarafından icat edilmiş başka bir terim) olarak bilinen, ama hiç de aynı şey olmayan bağlantılı bir fikir daha vardır. Kaotik şişme diğerlerinin arasında, bize Evrenin nasıl başlayabilmiş olduğunu anlatır; kısaca açıklayacağım ebedi şişme diğer şeyler arasında bize, Evrenin nasıl bitebileceğini anlatır. Bundan şimdi, "ebedi" kaotik şişmeyle ilgili herhangi bir kafa karışıklığını gidermek için bahsediyorum.

Birçok detay çözülmek için beklese ve matematiksel fizikçiler bunun hakkında tartışıp şişme işini yapmak için gerekli bu tür skaler alanların özelliklerini hesaplamaktan memnun olsalar da, bu kozmolojide şu an gündemde olan en "kârlı alışveriştir." Guth şimdi şöyle söyler: "Tüm detayları bilmiyoruz, ama kanıtlar şişmenin temel mekanizmasının doğru olduğu konusunda çok ikna edicidir."

Matematikçilerin tartışmayı sevdiği, geri kalan detaylı konuların bazıları meslekten olmayan kişilere, bir iğnenin ucunda dans edebilecek melek sayısı hakkındaki görüşler gibi gizemli gelmektedir. Gerçi, tartışmanın bizim temel fizik anlayışımızla şişmeyi yeni bir seviyede bağlayan heyecan verici bir fikri kazandırdığı, sicimler ve zarlar gibi varlıkları içeren bir alan vardır. Bu bize Çoklu Evrenin başka bir şekilde ele alınışını verir ki, bu bir sonraki bölümün konusu olacaktır. Ama önce, son zamanlarda uzmanlar arasında hararetli bir tartışma konusu olmuş ve benim buradaki tartışmamı tamamlamak için önemli olan bir nokta daha vardır; yakından incelendiğinde Evren

büyüklüğündeki bir Boltzmann dalgalanması fikrinin ne kadar inanılmaz geldiğini hatırlayarak, bizimki gibi bir evrenin şişen bir kuantum tohumundan çıkmış olması ne kadar olasıdır? Bir evrenin basitçe doğup, yaşlandıkça karmaşıklaşmasının, ebedi kaos tarafından çevrelenmiş bir odada yalnız oturan bir versiyonunuzu üreten bir dalgalanmadan daha olası olduğu gerçekten doğru mudur?

Ebedi Şişme ve Basit Başlangıçlar

Günümüzde ebedi şişme olarak bilinen fikir, Alex Vilenkin'in aklına 1983 yılında gelmişti. Şişme bir kez başladığında, durmasının imkânsız olduğunu fark etti, en azından her yerde değil. Bu alanın içinde şişme alanının yapacağı en doğal şey, enerjinin diğer formlarına ve nihayetinde maddeye bozunmaktır; ama şişen uzayın herhangi bir bölgesinde, kuantum belirsizliği sayesinde, skaler alanın kuvvetinde değişimler olacaktır, dolayısıyla bazı nadir bölgelerde güçlenecektir ve şişmenin hızı artacaktır. Tüm desen bir fraktal gibi süresiz olarak tekrar eder.

İstatistiksel anlamda, şişmenin durduğu ve bizim gibi (ya da bizimkine benzemeyen!) evrenlerin geliştiği çok daha fazla yer vardır; ama şişme çok hızlı bir şekilde çok fazla uzay oluşturduğu için, şişen bölgeler tarafından işgal edilen hacim, büyük bir şekilde baloncuklar tarafından işgal edilen hacmi aşar. Şişme içermeyen baloncuklar üreten skaler alanın bozunmasıyla daha fazla şişme yaratan nadir dalgalanmalar arasında bir çekişme olsa da, ikincisi baskındır. Vilenkin bunu iyi bir besin desteği sağlanarak bir bakteri kültürünün patlayıcı büyümesine benzetir. Bakteri ikiye bölünerek çoğalır, dolayısıyla sonuçta karakteristik bir ikileme zamanıyla özgün şişme gibi üssel bir büyüme hızı vardır. Bazı bakteriler, öldürücü özdeşleri tarafından saldırıldığında ölürler. Ama öldürülenlerin sayısı nüfusun kritik bir oranından düşükse, kültür üssel olarak büyümeye devam eder. Şişme bağlamı içerisinde durum birazcık farklıdır; şişmeye devam eden bölgeler istatistiksel olarak nadirdirler, ancak metaevrende işgal ettikleri hacim açısından karşı konamaz şekilde baskındırlar, çünkü her zaman kuantum dalgalanmaları vardır;

her zaman uzayın bazı şişen bölgeleri olacaktır ve bunlar her zaman uzayın en büyük hacmini temsil edeceklerdir.

Vilenkin'in meslektaşları, başlangıçta fikrinden etkilenmemişti ve Vilenkin yazdıklarını yayımladığı halde, 1980'ler ve 1990'lar boyunca çok aktif bir şekilde uğraşını sürdürmedi. Bu fikri ciddiye alanlardan biri olan ve kaotik şişme fikri bağlamı içerisinde geliştiren Andrei Linde, 1986'da bu konu üzerine bir makale yayımladı ve "ebedi şişme" ismini icat etti. 1987'de, benim "metaevren" kullandığım yerde "evren" kelimesini kullanarak şöyle yazdı: "Evren sonsuz bir şekilde kendini yeniden yaratır ve global 'zamanın sonu' diye bir şey yoktur... Tüm süreç [şişme süreci] yaradılışın sonsuz bir zincir reaksiyonu ve sonu olmayan ve başlangıcı olmayabilecek bir kendini çoğaltma olarak düşünülebilir"[9]. Kendisi buna,"ebedi olarak var olan ve kendini çoğaltan kaotik şişmeci evren" demiştir. Bu fikir hâlâ coşkuyla karşılanmamıştı ve Linde gayretli bir şekilde geliştirmeye çalışsa da, ebedi şişme ancak 21. yüzyılın başlarından itibaren, kara madde ve Evrenin genişlemesinin ivmesini keşfinden sonra gerçekten ciddiye alınmaya başlandı.

Şimdi tüm kanıtlar Evrenin ivmelenen bir hızda sonsuza kadar genişlemeye devam edeceği olasılığını gösteriyor. Süreç tamamen içinde yaşadığımız uzay baloncuğunu üretmiş olan şişmenin yavaş bir versiyonu gibidir ve elimizde oynayabileceğimiz bir sonsuzluk olduğu için -ne kadar süreceği fark etmeztüm yıldızlar ölecektir ve Evrenin tüm maddesi ya radyasyona bozunacaktır ya da karadeliklerde yutulacaktır. Ama karadelikler bile sonsuza kadar yaşayamaz. Kuantum süreçleri sayesinde, enerji radyasyon formunda karadeliklerden sızar. Bu ivmelenen bir hızda olur ve er ya da geç gama ışınlarına kaybolacaktır. Dolayısıyla Evrenin kaçınılmaz kaderi, düşük yoğunlukta radyasyonla dolmuş üssel olarak genişleyen bir uzay bölgesi haline gelmektir. Bu tamamen de Sitter tarafından bulunan ve de Sitter uzayı olarak bilinen, Einstein'ın denklemlerinin çözümü tarafından açıklanan durumdur.

De Sitter uzayı şişme için harika bir üreme zeminidir. De Sitter uzayı içinde, radyasyon kalıntılarının kuantum dalgalanma-

9 *Bkz. 300 Years of Gravitation*, ed. Stephen Hawking & W. Israel, Cambridge UP, 1987, s. 618.

ları ve kara enerji dediğim skaler alan, bizimki gibi baloncuk evrenlere büyümek için önemli ölçüde şişen birkaç nadir Planck ölçeğinde bölge oluşturacaktır. Bir kez şişmeye sahipseniz, o zaman Vilenkin ve Lind'in bize yirmi yıl önce anlattığı gibi, ebedi şişmeye sahipsinizdir. Evrensel ivme ve bağıntılı olduğu kozmolojik sabitin keşfi, muhtemelen kaotik bir metaevrende, bizi ebedi şişmenin hem geleceği hem de geçmişiyle birleştirir. Evrenimizin de Sitter uzayından doğduğunu ve de Sitter uzayında sonlanacağını önerir. Bu tıpkı yeniden başlamak gibidir ve yeniden ve yeniden ve yeniden. Eğer hesaplamaları doğru bir şekilde yaparsanız, aynı zamanda karmaşık evrenlere dönüşmek için şişen küçük dalgalanmaların neden kaosla çevrilmiş bir odada yalnız oturan münferit insanları üreten dalgalanmalardan daha olası olduğu bilmecesini çözer.

Boltzmann'ın Beyni, Zaman Oku ve Nedensel Parça Fiziği

Büyük metaevren esasen zamansız olsa bile şişme ve üssel genişleyen de Sitter uzayı bağlamında, termodinamik zaman oku baloncuk Evrenimizin varlığıyla ilgilidir. Evrenleri yaratan dalgalanmalar yine de dengeden uzak dalgalanmalardır ve dengeye dönme şekilleri bize zaman okunu verir. İçinde yaşadığımız Evren düşük bir entropiyle başlamıştır ve yüksek entropiyle sonlanacaktır. Üssel olarak genişleyen, kozmolojik sabitten sorumlu kara enerjiden başka bir şey içermeyen uzayın kaçınılmaz kaderi, bir kara deliğinkinin tersidir. Bir karadelik çökmenin uç durumudur; de Sitter uzayıysa genişlemenin uç durumudur. Tersyüz edilmiş şekilde karadelik fiziğinin denklemlerini kullanarak, kozmologlar de Sitter uzayının entropisini hesaplayabilirler ki gerçekten çok yüksek - Evrenimiz gibi başlayan ve var olmak için bir kozmolojik sabite sahip olan bir şeyin entropisi için mümkün olduğu kadar yüksek - olduğu ortaya çıkar. Buraya kadar her şey çok iyidir. Termodinamik olarak konuşmak gerekirse, evren, başladığı zaman verilen doğru yönde gitmektedir. Bu bizi Boltzmann'ın kafasını karıştıran soruya geri götürür: Düşük bir entropi durumunda nasıl başladı?

İçinde bulunduğumuz yüzyılın ilk yıllarında, Stanford Üniversitesi ve MIT'den bir grup araştırmacı[10], şişme bağlamı içerisinde bile bizimkine benzer bir dünyaya evrimleşmiş olabilecek durumların karşı konulamaz çoğunluğunun düşük bir entropiden başlayamayacağını önererek, kediyi kozmolojik güvercinlerin arasına attı. Bilmece hâlâ odada oturan tek bir kişiyi veya Büyük Patlama ve Evrenin tarihini öğrenme (yanlış bir şekilde) anıları ile çıplak bir beyni yaratmanın (ve bu kitapta Boltzmann dalgalanmaları hakkında daha önce okuduklarının eşit derecede hatalı hatırası[11]), Evrenin kendisini yaratmaktan daha kolay olacağını öneriyordu. Evren hakkında bildiğimizi düşündüğümüz her şeyi "bilecek" kadar uzun yaşamış çıplak bir beyin, neden oturup bu kitabı okuduğunuzu açıklayacak en basit istatistiksel dalgalanma olduğu için, bu bazen "Boltzmann'ın beyni" paradoksu olarak da bilinir.

Bu görüş, gerçekte görünür Evrenimizi oluşturan uzayzaman bölgesine uygun denklemleri uygulama üstüne kurulmuştu. Hiçbir şey ışıktan hızlı ilerleyemeyeceği için, sadece aralarında ışık sinyallerinin geçmesine yetecek kadar yakın duran uzay bölgelerinde nesneler birbirini etkiyebilirler. Böyle bir nesne Evrenin aynı parçasında, başka bir nesnede değişiklik oluşturabilir, ama bu parça dışındaki hiçbir şeye etkiyemez. Bariz sebeplerden dolayı, böyle bir uzayzamana nedensel parça denir. Nedensel parça kozmolojisinde, fiziksel anlam sadece nedensel olarak birbirine bağlı olaylara verilir. Bu Evreni gerçek bir denge durumuna, de Sitter uzayına doğru evrilen tek sonlu sistem olarak ele almakla eşdeğerdir ki bu Stanford ve MIT tarafından kullanılan yaklaşımdır.

Ama kaotik şişme ve ebedi şişme gibi fikirlerdeki esas konu, baloncuğumuzun yani kozmik ufkun sınırlarının ötesinde çok daha büyük bir uzayzaman bölgesi olduğudur. Yaptığımız herhangi bir şeyin baloncuğumuz dışında bir şeyde etki yaratması mümkün olmasa da, böyle bir metaevrenin varlığının istatistiksel çıkarımlarını analiz etmenin mümkün olduğu ortaya çıkar.

10 Lisa Dyson, Matthew Kleban ve Leonard Susskind.

11 Aslında elbette sadece çıplak bir beyinseniz anılar gerçektir, ama hatırladığınız olaylar asla yaşanmamıştır.

Bu, Evreni zamanının çoğunu dengeden uzak harcayan, çok daha büyük bir sistemde, küçük bir parça olarak ele almayla özdeştir.

Bunun analizde yaratacağı temel fark, büyük bir metaevren içerisinde dalgalanmaların düşük entropi veya yüksek entropi yönünde herhangi bir yöne gidebileceği ve entropinin düşebileceği sıklıkta yükselebileceğidir. O zamanlar California Üniversitesi Davis Kampüsünde olan Andreas Albrecht ve Lorenzo Sorbo, 2004'de uygun hesaplamaları devam ettirdi ve sadece şişmenin oluşabilecek karşı konulamaz şekilde en olası dalgalanma tipi olduğunu değil (karşı konulamaz şekilde "standart" bir Büyük Patlamayı oluşturan bir dalgalanmadan bile daha olası), aynı zamanda standart Büyük Patlamayı oluşturan bir dalgalanmanın çıplak bir beyni oluşturmaktan çok daha olası olduğunu buldular. Farkı yaratan esas nokta er ya da geç bizimki gibi bir evrene büyüyecek dalgalanmanın düşük entropisinin, metaevrenin gerisinin dengede kalmasını sağlayacak bir çeşit olanak sağlamasıdır.

Albrecht ve Sorbo ortalama olarak dengede olan, ama içinde istatistiksel dalgalanmaların olduğu radyasyonla düzgün bir şekilde dolmuş, büyük bir kutuyla benzetme yapar. Bir kutunun köşesindeki bir santimetre küplük hacimdeki tüm radyasyonun, bir milimetre küplük hacme toplandığı bir durumu hayal edin. Bu, kutudaki milimetre küpün entropisini yükseltir. Şimdi iki santimetre küplük bir hacimdeki tüm radyasyonun bir milimetre küpe toplandığı benzer bir dalgalanmayı hayal edin. Bir kez daha, entropi kutunun bu milimetre küpünde yükselir. İkinci örnekte, bir milimetre küplük bölgenin entropisi ilk örnektekinden daha yüksektir, dolayısıyla sadece yerel alana bakarsanız, termodinamik bunun daha olası olduğunu söyler. Ancak eğer tüm kutuya bakarsanız, ilk örnekte kutudaki radyasyonun çoğunun dengede olduğunu görürsünüz, dolayısıyla yerel olarak daha az entropi durumunu sağlasa da ilk dalgalanma ikinciden daha olasıdır. Bir bütün olarak kutu için, bu durum ikinci örnekten *daha fazla* entropiye sahiptir. Matematikçiler tarafından doğrulanan fark, bakış açısındaki bir farktan oluşur, ki bu nedensel parça fiziğini uygulamakla kozmik ufkumuzun ötesindeki metaevrene bakmak gibidir.

Ana nokta, başlamak için şişmenin sadece olası en küçük, bir kuantum hacmine ihtiyaç duymasıdır, dolayısıyla metaevrenin gerisini dengede ve yüksek entropide bırakır. Dahası, bu kuantum çok basit bir durumdadır. Ama düzgün metaevren içinde, şişme yardımı olmaksızın bizim nedensel parçamız gibi bir evren yaratmak için, karışık bir şekilde düzenlenmiş hayal edilemeyecek sayıda kuantum hacimlerinden oluşmuş, greyfurt büyüklüğünde bir dalgalanmaya ihtiyacınız olurdu. Bu büyük oranda daha az olasılığa sahiptir.

Şaşırtıcı, ama merak uyandıran çıkarım, nedensel parçamız dışında hiçbir şeyin bize etkiyemeyeceğine rağmen, nedensel parçamız dışındaki her şey var olduğu için buradayızdır. Evrenin sonsuz metaevrendeki birçok baloncuk evrenden biri olduğu varsayımı böyle evrenlerin var olmasının olası olduğu sonucuna ve sonlu tek bir Evrende yaşamadığımızı gösteren en iyi kanıtın var olduğumuz olduğu gerçeğine götürürken, evrenin tek bir sonlu sistem olduğu varsayımı, bizi doğrudan Boltzmann beyni paradoksuna götürür. Vilenkin'in belirttiği gibi, nedensel parçamızın ötesindeki her şey bizlerin birçok, ama birçok kopyasını içerir. Yalıtılmış bir Boltzmann beyni olarak var olmanız (kısa süreliğine) yerine, metaevren beyninizin birçok kopyasını, artı olarak, yaşayan bedenlerde rahatça yer edinen diğer herkesin beyninin sonsuz sayıda kopyasını içerir.

Sonsuzluk ve Ötesine!

Oyuncak Hikâyesi filminde, Buzz Işıkyılı karakterinin "sonsuzluk ve ötesine!" şeklinde bir sloganı vardır. Buzz küçültülecek bir şekilde aptal gösterilmemiştir ve konu sonsuzluk olunca "ötesi" olmayacağı elbette senaristlerin küçük bir şakasıdır. Ama belki de kendileri şakaya kurban gitmiştir. Alex Vilenkin'e göre, Evrenimiz sonsuzdur, ama gerçekten Evrenimizin içinde küçük bir parça olduğu "ötesi" vardır. Bu, sonsuz büyük bir metaevrende büyük, ama sonlu bir baloncuk olarak Evren fikrinin ötesine büyük bir adımdır ve genel görelilik teorisi çerçevesinde izin verilebilir (aslında zorunlu) farklı bakış açılarından doğar.

Ebedi olarak şişen sonsuz bir metaevrende büyük, ama sonlu bir baloncuk olarak Evren fikri, Vilenkin'in kozmosun "global görüşü" dediği şeye karşılık gelir. Bu fikirde, zamanın başlangıcı yoktur ve her baloncuk evrende ölçülen zamanın geçişi dışarıda olan şeylerle karşılaştırılamaz. Aslında, termodinamik bakış açısıyla zaman geçişinin, her zaman ortalama olarak aynı toplam görüntüye sahip olan metaevrende herhangi bir anlama gelip gelmediği belli değildir. Ama her baloncuk evrenin içerisinde herhangi bir zeki gözlemci, kendi evrenine özgü bir Büyük Patlama "kökenine" karşılık gelen zamanın kesin bir başlangıç noktasını algılayacaktır. Tuhaf olan sonuç, bu gözlemcilerin içerideki bakış açılarından, her baloncuk evrenin kapsam olarak sonsuz gözükmesidir.

Vilenkin bunu görmenin en iyi yolunun, matematik işlemleriyle uğraşmadan galaksileri saymayı hayal etmek olduğunu söyler. Global bakış açısından, yeni galaksiler devamlı olarak genişleyen bir baloncuk evrenin sınırlarına yakın doğmaktadır ve elimizdeki sonsuz zamanlar bu baloncukların her birinde sonsuz sayıda galaksi olması gerektiği anlamına gelir. Teknik olarak bir gözlemcinin hepsini görmesi mümkün olmasa da, içerideki bakış açısından baloncuk içinde aynı çoklukta galaksi olması gerekir. Ama içerideki bakış açısından (13,7 milyar yaşında bir Evrendeki dünyada elde ettiğimiz bakış gibi) tüm bu galaksiler aynı zamanda var olur ve ilişkili Büyük Patlamadan bu yana üretilmiş olacakları sınırlı bir zaman olmuştur. Sonlu bir zamanda sonsuz sayıda galaksi elde etmenin tek yolu, onun sonsuz bir uzayda gerçekleşmesidir. Dolayısıyla her baloncuk evren, kendi sakinlerinin bakış açısından, sonsuz büyüklüğe sahiptir. Buna, "içsel olarak sonsuz" denir.

Gerçekte bakış açısının değişimi, global bakış açısındaki mümkün olan sonsuz zamanın içsel baloncuk perspektifindeki sonsuz uzaya dönüştürülmesi anlamına gelir. Gözlemcinin bakış açısına göre zaman yerine uzayın geçmesi, yüzyıldan fazla bir süre önce Einstein'ın ilk görelilik teorisiyle, özel teoriyle keşfettiği türden bir şeydir. Bu çağdaş bilimin temeli, fizikçilerin gayet iyi bildiği bir şeydir, dolayısıyla tüm çıkarımları ciddiye alınmalıdır.

Buraya kadar olan hikâye yeterince hayret vericidir. Ama Vilenkin ve meslektaşları, bizimki de dahil, herhangi bir baloncuk evren için çıkarımları analiz ederek daha da ileri gitmişlerdir. Gerçekte, şimdilik Evrenimiz dışındaki dünyayı yok sayabilir ve sadece içinde yaşadığımız Evren için olan çıkarımlara bakabiliriz.

Bu bölümde anlatılan tüm kanıtlar bize Evrenin genişleyen uzayın sonsuz büyüklükte bir baloncuğu olduğunu söyler; en azından önemli olan bizim bakış açımızdır. Evrendeki herhangi belirli bir gözlemci, Dünya'daki bir dağın tepesindeki gözlem evinde oturan bir astronom, Evrende sadece Büyük Patlamadan bu yana ilerleyebilmiş ışığın aldığı mesafe kadar uzağı görür. Gördüğümüz gibi, Büyük Patlama 13,7 milyar yıl önce olmuş olsa da, ışık seyahat ederken uzayın genişlemesinden dolayı bugün gördüğümüz en uzak nesneler 13,7 milyar ışık yılı uzakta değil, kabaca 40 ışık yılı uzaktadır. Vilenkin belli bir gözlemciye görünen Evren bölgesine O-bölge der ("O" "gözlenebilir"i temsil eder*) ve bizim O-bölgemiz yaklaşık 80 milyar ışık yılı genişliğindedir. Kozmik zamanın bu noktasında Evren 13,7 milyar yaşındayken, Evrenimizdeki tüm gözlemciler aynı durumdadır. Her biri 80 milyar yıl genişliğindeki bir O-bölgesinin merkezinde bulunmaktadır. Evren sonsuz olduğu için, bu sonsuz sayıda O-bölgesi olduğu anlamına gelir. Her birinin birbirinden farklı olduğunu düşünüyor olabilirsiniz; ama Vilenkin tersini düşünüyor.

Bir kişinin, belki de sizin, sandalyesini bir santimetre geriye çekmesi örneğini verir. Sandalyenin hareket etmediği durum dışında, her yönden bizimkine özdeş başka bir O-bölgesi olacaktır, 1 santim yerine 0,9 santimetre geriye gittiği başka biri, sandalyenin 0,99 santimetre hareket ettiği başka biri, 0,999 santimetre geriye gittiği başka biri, vs. Sandalyenin son konumundaki birçok olası farklılık olduğu sonsuz bir sıra gibi gözükür. Ama Vilenkin kuantum belirsizliği yüzünden sandalyenin konumundaki farklılıkları, ölçmek için çok küçük olduklarından değil, bu kadar küçük mesafelerin bir anlamı olmadığından dolayı tayin edemeyeceğiniz bir konuma geleceğinize işaret eder.

* İngilizcede 'observable' –çn.

Bu sandalye için sadece sınırlı sayıda olası konum olduğu anlamına gelir, akıl karıştırıcı büyüklükte, ama yine de sonlu bir sayıda. Aynı nedenle, atom altı parçacıklardan süper galaksi kümelerine, bu düşünceyi bir O-bölgesinde sunulan her şeye uygulayarak, O-bölgelerinin bir diğerinden ayırt edilebilir olduğu sadece sınırlı sayıda yol vardır. Sonsuz bir Evrende bu, bir diğeriyle tamamen aynı olan sonsuz sayıda O-bölgesinin olması gerektiği anlamına gelir. Kaosta yüzen (geçici olarak) tek bir Boltzmann beyni senaryosunun tam tersinde, bizimkine her yönden özdeş olan sonsuz Dünya'larda, bu kitabın sonsuz sayıda kopyasını okuyan, sonsuz sayıda kopyanız vardır. Vilenkin'in ortaya koyduğu gibi, "tarihlerin bizimkiyle tamamen özdeş olduğu bölgelerin bir sonsuzluğu olmalıdır."

Aynı zamanda, tıpkı kuantum teorisinin Birçok Dünya yorumunda olduğu gibi, şeylerin birazcık farklı olduğu geniş sayıda O-bölgesi ve hatta şeylerin bizimkinden çok daha farklı olduğu daha fazla O-bölgesi vardır. "Şeylerin farklı olması için aynı olmasından," der Vilenkin, "çok daha fazla yol vardır." Ama tüm bunlar hakkındaki önemli nokta, Birçok Dünya yorumunu gerektirmemesidir; hepsi üç boyut uzay ve bir boyut zamandan yapılmış tek bir sonsuz Evrende gerçekleşir. Elbette, Birçok Dünya yorumu uygulanabilir; ama Vilenkin'in söylediği gibi, onun Evren görüşü size "birçok dünyayı birinde" verir.

Tüm bunlar, sonsuz bir Evrende her şeyin olabileceği felsefi görüşüne matematiksel detaylar ekler. Rus bilim adamı ve aktivist Andreas Sakharov'un 1975'de Nobel Barış Ödülünü alırken söylediği gibi:

> Sonsuz bir uzayda, birçok medeniyetin var olması zorunludur ve onlar arasında bizimkinden daha akıllı ve daha "başarılı" olanları olabilir. Evrenin gelişiminin, temel niteliğinde sonsuz kez tekrarlandığı kozmolojik varsayımı destekliyorum.

Ebedi şişme, bu fikirleri fiziğin içine kesin olarak yerleştirerek, onları saf bir varsayımdan çok daha fazlası haline getirmiştir. Bizimki gibi evrenlerin içsel olarak sonsuz olmasını sağlar ve şişme boyunca olan kuantum dalgalanmalarının, örneğin Samanyolu galaksisinin sonsuz sayıdaki özdeş kopyalarıyla dol-

muş sonsuz bir evren yerine, rastgele süreçlerin evrensel temadaki tüm olası değişimleri yaratmasını sağlar. Cambridge Üniversitesi'nden kozmolog John Barrow, bu yeni Evren anlayışının önemine dikkat çeker. "Ebedi şişme, der,

> ...çok geniş çeşitlilikte olası dünyalar içeren evrenlerin yapısı için olası tüm mantıksal alternatiflerin koleksiyonun sınırını sağlamaya çok yakındır.
> Bu örnekler tüm olası dünyalar görüşünü anlayışımız için önemlidir, çünkü eğer boyut olarak sonsuzsa, paralel gerçekliklerde var olan "diğer" evrenler gibi metafiziksel kavramlara başvurmaksızın, fizik yasalarının Evrenimiz içerisindeki sonsuz olası mantıksal koşulların gerçekliğini nasıl ürettiğini gösterir. Sonsuz bir evrenin tüm bu olasılıkları kapsayacak yeri vardır. Bu tutucu çoklu evren şıkkıdır.[12]

Veya Alan Guth'ın söylediği gibi: "Şişme, bize çoklu evren fikrini dayatır."

Son sözün söylendiğini ve Çoklu Evren arayışının bittiğini düşünmüş olabilirsiniz. Bir bakıma öyledir; etrafımızda gördüğümüz Evrenin varlığından daha fazlasına *ihtiyacımız* yoktur ve bu bölümde sunulan fikirler, Çoklu Evren fikrini haklı çıkarmak içindir (veya ihtiyaç olduğu içindir). Ama teorik fizikçiler ne bilmeleri gerektiği hakkında nadiren dururlar. Barrow'un söylediği gibi, arayışı durdurmak için tutucu bir seçenek, gereklidir. Devrimci seçenek Birçok Dünya yorumunda olduğundan da öteye giden, çok boyutlu çerçevede dört boyutlu uzayzamanın tam da "yerel" bir özellik olduğunu öneren "parçacık" fiziğindeki gelişmeleri temel alan yeni fikirleri kucaklamaktır. Bu görüşlere göre aranan şey sicimdir ve şişmeyi veya şişmeye çok benzer bir şeyi tetiklemek için başka bir yol vardır.

12 The Infinite Book, s. 197; kendi vurgusu.

6

ARANAN ŞEY SİCİM

Çağdaş fiziksel dünya anlayışı der ki, elektron gibi temel varlıkları küçük küreler veya matematiksel noktalar olarak kabul etmek yerine, onları sıradan "sicim" ismiyle adlandırılmış titreşen bir şeyin ilmekleri olarak düşünmeliyiz. Bu sicimleri resmetmenin bir yolu, tıpkı tek bir gitar telinde farklı notalar çalabildiğiniz gibi, gergin bir lastiğin farklı yollarla titreştiğini düşünmektir. Bir titreşim, bir "nokta"ya, bir elektrona karşılık gelir, titreşimin başka bir kipi ise bir fotona denk gelebilir, vs. Aynı tür bir varlık, tek bir tür sicim, dünyamızı oluşturan her tür parçacığın görüntüsünden sorumlu olabilir, foton gibi kuvvet taşıyan parçacıklar ile maddesel parçacık olarak düşündüğümüz şeyler de dahil.

Bu sicim teorisinin çekiciliğini açıklar. Tüm parçacıkların ve doğanın kuvvetlerini tek bir pakette birleştirir ve uzun süredir aranan Her Şeyin Teorisi olarak gözükür. Ama bu niyetle yola çıkılmamıştır.

1960'ların sonunda, CERN'de çalışan iki fizikçi Gabriel Veneziano ve Mahiko Suzuki, tıpkı CERN'de incelenen demetlerdeki

parçacıklar gibi parçacıkların yüksek enerjilerde çarpıştığında ne olduğunun matematiksel açıklamasıyla çıkageldiler. İkisi de birbirinden bağımsız olarak, Euler beta fonksiyonu denen özel bir matematiksel ifadenin bu sürecin açıklamasında kullanılabileceğini fark ettiler. O zaman, çok küçük bir dünyanın fiziksel doğası açısından bunun ne ifade ettiği hakkında en ufak bir fikirleri bile yoktu; sadece ihtiyacı tam olarak karşıladığı düşünülen, 19. yüzyıldan beri bilinen kullanışlı bir matematiksel yöntemdi. Ama haber Amerika'ya yayıldığında, farklı şehirlerde çalışan iki genç fizikçinin ikisi de, parçacıklar çarpıştığında ne olduğunun açıklamasını çok iyi yaptığı gözüken bu matematiksel ifadenin, bir araya gelip, birleşip, bir süreliğine titreşen ve daha sonra titreşen "sicim"in yeni ilmeklerine ayrılacak sicimin iki ilmeğinin bir açıklaması olarak yorumlanabileceğini fark ettiler.

Bu fizikçilerden biri olan Yoichiro Nambu, Chicago Üniversitesi'nde çalışıyordu. Diğeri, Leonard Susskind ise New York'taki Yeshiva Üniversitesi'ndeydi. Susskind o zamanlar parçacık fiziği üzerine bile çalışmadığını, ama parçacık fiziği sorunlarının "güzel ve basit matematikle" çözülebileceğini fark ettiğini anımsıyor. Titreşen ilmekleri "lastik bantlar" olarak adlandırdı ve iki gün boyunca kendini parçacık çarpışmalarının nasıl işlediğini bilen dünyadaki tek insan zannetti. Sonra Nambu'nun onunla tam olarak aynı anda aynı fikre sahip olduğunu öğrendi[1] ve keşfini yazıp dünyanın görmesi için yayımlamak için acele etmeye başladı. Acele etmesine gerek yoktu. Fizik camiasının Nambu ve Susskind'ın ilk sicim teorisi üzerine verdiği tepki neredeyse tam bir ilgisizlikti. 1970'lerde, proton ve nötron gibi "parçacıkların" aslında kuark denen temel varlıkların birleşmesinden oluştuğu fikri oldukça sansasyoneldi ve sicimlere herhangi bir ihtiyaç yokmuş gibi gözüküyordu.

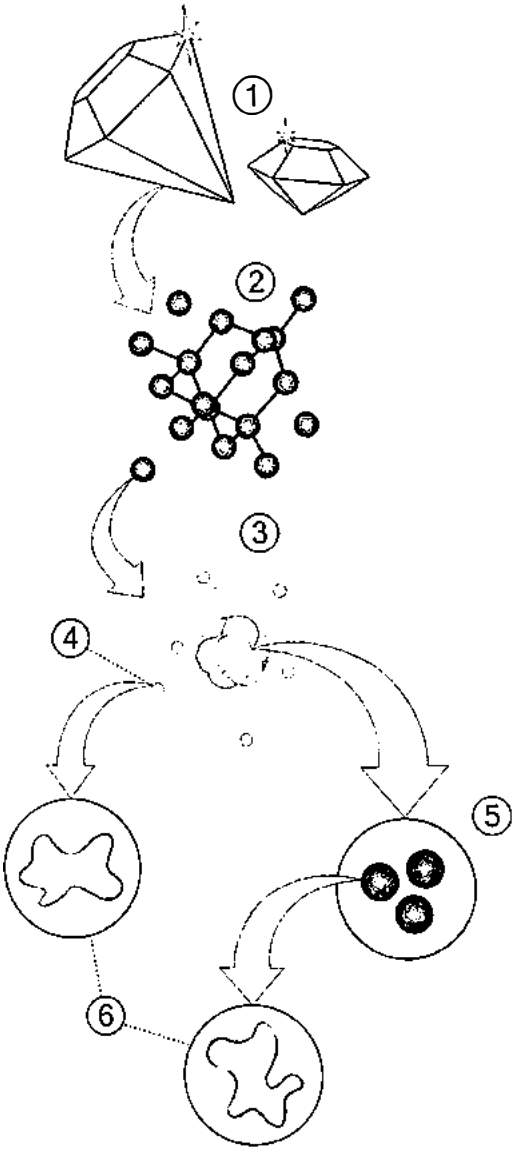
Gerçi, elektronlar, kuarklar ve diğer nokta parçacık gibi varlıklara dayalı parçacık fiziğinin standart modelinin can sıkıcı bir özelliği vardı. Eğer parçacıklar tam olarak sıfır uzaysal büyüklükte (sıfır boyutta) matematiksel noktalar olarak var olu-

1 Daha sonra Danimarkalı fizikçi Holger Nielsen'in biraz değişik bir yapıda aynı fikre sahip olduğu, ama hiçbir zaman tamamen geliştirmediği ortaya çıktı.

yorsa, teoriler istenmeyen sonsuzluklarla uğraşmak zorunda kalıyordu. Basit bir örnek olarak, elektrik kuvvetinin ters kare yasasını düşünün. İki yüklü parçacık arasındaki kuvvet, 1'in aralarındaki mesafenin karesine bölümüyle orantılıdır. Eğer yüklü bir parçacık sıfır hacme sahipse, o zaman parçacığın kendisine etkiyen kuvvet (kendine etkimesi) sonsuz olmalıdır: 1'in sıfırın karesine bölünmesi. Sonuç itibariyle elektron gibi şeylerin patlaması gerekirdi.

Sonsuzluklar içeren teoriler genellikle fizikçiler tarafından haklı olarak derin bir kuşkuyla kabul edilir; ama standart model bazı yönlerde o kadar başarılıydı ki, onunla yaşamayı öğrendiler. Sonsuzlukları yuvarlamanın yolları bulundu, ama varlıkları bunlar hakkında düşünmeye cesaret eden teorisyenleri hâlâ rahatsız ediyordu. Kuantum alan teorisinde sonsuzluklardan kurtulmanın standart yolu, renormalizasyon [yeniden boyutlandırma] denen, esasen bir sonsuzluğu bir diğerine bölerek birbirini yok etmesini sağlayan bir yöntemdir ve herhangi bir matematikçi size bunun sağlam olmayan bir uygulama olduğunu söyleyecektir. Başlangıçtan itibaren sicim teorisinin en çekici özelliklerinden biri, sonlu bir boyutta olan varlıkları içermesi ve hem sıfır hem de sonsuzların bu tür bir hesaplamada yer almamasıydı. Fakat aynı zamanda, sicim teorisinin ilk versiyonlarının da eksikleri olmuştur ve bilinen tüm parçacıklara uygulanamamıştır. Dolayısıyla Her Şeyin Teorisi arayışı kuark temelli bir dünya açıklamasının geliştirilmesine odaklanmıştı ve sicim teorisi etkinliğini yitirmiş, sadece birkaç matematikçi, özellikle Princeton'daki John Schwarz ve Londra'dan Michael Green tarafından çalışılıyordu. Ama sicim teorisi, neredeyse şans eseri bir kütleçekim açıklamasına sahip olduğu ortaya çıkınca ciddiye alınmaya başlandı.[2]

2 Sicim 'modelleri' yerine sicim 'teorisi' hakkında konuşmaktan biraz rahatsızım çünkü bu fikirler henüz deneysel testleri geçmemişlerdir. Ama kütleçekimin varlığını 'tahmin etmedeki' başarıları birçok fizikçi tarafından onları saygıdeğer bir teori yapar, dolayısıyla ben de bu genel kullanıma uyacağım.



Maddenin ölçekleri: 1. Makroskobik seviye – Madde; 2. Moleküler seviye; 3. Atomik seviye – Proton, nötron ve elektronlar; 4. Atomaltı seviye – Elektron; 5. Atomaltı seviye – Kuarklar; 6. Sicim seviyesi.

Kütleçekim İlgi Çeker

Her Şeyin Teorisi'ne kütleçekimi eklemek, 20. yüzyılın sonunda teorik fizikçilerin Kutsal Kasesi gibiydi. Tüm diğer kuvvetler ve parçacıklar diğer şeyler arasından kuark fikrini içine alan Büyük Birleşim Teorisine az çok tatmin edici bir şekilde eklenebiliyordu; ama kütleçekimi içine katacak fiziksel dünyanın matematiksel bir açıklamasını elde etmek oldukça zordu. İki nedenle: Birincisi, kütleçekimin temel kuvvetler arasında uzak ara en kuvvetsizi olmasıdır; ikincisi, graviton denen kütleçekimsel kuvveti taşıyan parçacığın yapısıyla bağıntılı olağandışı özelliklerin olmasıdır (graviton elektromanyetizmadaki fotonun kütleçekimdeki karşılığıdır).

Matematiksel olarak fotonla karşılaştırıldığında gravitonu ele almanın zorluğu, gravitonların kendileri arasında etkileşebilmesidir. Fotonlar elektron gibi yüklü parçacıklarla etkileşirler ve bir yüklü parçacıktan diğerine elektrik kuvveti taşırlar; ama bir foton doğrudan başka bir fotonu etkilemez. Gravitonlar bir nesneden diğerine kütleçekimsel kuvveti taşırlar; ama bir graviton doğrudan başka bir gravitonla etkileşebilir ve bu her şeyi daha karmaşık hale getirir. Bundan yılmadan, 1970'lerde teorisyenler kuantum dünyası resmini tamamlamak amacıyla, gravitonların davranışını açıklamak için bir yol bulmaya çalıştılar. Teknik açıdan, kuantum alan teorisi bağlamında, aradıkları şey kütlesiz ve spini 2 olan bir bozonun matematiksel açıklamasıydı. Tüm parçacıkların ve doğanın tüm kuvvetlerinin tam bir kuantum açıklamasını oluşturmak için bunu elde etmeleri gerekiyordu.

Birçok teorisyen bu sorunla boğuşurken, birkaç sicim teorisyeni iki büyük başarı yarattılar. İlk olarak, Nambu ve Sussking tarafından öne sürülmüş "lastik bantlardan" çok daha küçük varlıklar içerecek şekilde basit sicimler fikrini mükemmelleştirdiler. Bu yeni sicim ilmekleri çok küçüktü, o kadar ki titreşimleri proton ve nötron gibi parçacıkların içinde gizlenen sözde temel varlık olan kuarkların özelliklerini bile oluşturuyordu. Bu, istenmeyen sonsuzluklar sıkıntısı *olmaksızın* sicim teorisinin kuark teorisinin tüm başarılarını ve türevlerini tekrarlayabileceği anlamına geliyordu. İkinci büyük başarı, "Ahh... Neden daha önce düşünemedim ki?" anlarından biriydi.

İki Yaklaşım Artı Bir Üçüncü Yol

Kuark gibi "parçacıklar" tanımlamasını içermesi için sicim teorisini mükemmelleştirme çabaları boyunca, teorisyenler denklemlerin, aramadıkları ve hesaplamalarda karşılarına çıkıyor gibi gözüken bir "parçacığın" tanımlamasını içerdiğini bulmaya başladılar. Ondan kurtulmanın her yolunu denediler, ama başarısız oldular. Öyle gözüküyordu ki, eğer ilgilendikleri parçacıkları tanımlamak için sicim teorisini kullanmak istiyorlarsa, başka bir parçacığın, belirli karmaşık bir parçacığın açıklamasını da eklemeleri gerekiyordu. Tahmin ettiğiniz gibi bu, kütlesiz, spini 2 olan bir bozondu. Farkında olmadan sicim teorisi graviton için bir matematiksel açıklama getirmişti. Bu büyük başarı 1980'lerin sonunda, Schwarz ve Green'in sonsuzluk ve diğer anomalilerden kurtulmuş bir "Her Şeyin Teorisi" adayı olan keşiflerinden çıkarak gerçekleşti. Bu teorinin gravitonların varlığını gerektirdiği gerçeği, John Schwarz'ın deyişiyle "Derin Bir Gerçek"ti. Diğer kuantum alan teorilerinde, diğer her şeyin tanımlamasıyla başlayıp daha sonra kütleçekimi eklemeye çalışırsınız, sicimlerde ise kütleçekimsiz bir teori inşa etmek imkânsızdır. O zamandan sonra, insanlar sicim teorisini ciddiye almaya başladılar.

Sicim teorisi ile gravitonlar arasında bağlantının ne kadar derin bir gerçek olacağı gravitonlara her iki taraftan bakarak da görülebilir. 20. yüzyıl fiziğinin iki büyük teorisi genel görelilik teorisi ve kuantum teorisidir. Her Şeyin Teorisi'nin bir yanı (aslında ana meziyetidir) bu iki büyük teoriyi, kütleçekimin bir kuantum açıklamasını sağlamak için tek bir pakette birleştirir. Einstein'ın eğri uzay cinsinden kütleçekim tanımından başlayarak, kaçınılmaz bir şekilde kütleçekimsel radyasyon fikrine, uzayzaman dokusundaki dalgacıklara varırsınız. Kuantum teorisi daha sonra der ki, bu dalgalar, tıpkı ışık dalgalarının fotonla ilişkisi gibi, graviton denen bir parçacıkla ilişkilidir. Ama Richard Feynman'ın 1960'larda *Lecture On Gravity*'sinde[3] ayrıntılı olarak açıkladığı gibi, eğer spini 2 olan kütlesiz bir bozon temelli kuantum alan teorisiyle yola çıkarsanız genel görelilik

3 Addison-Wesley, Reading, Mass., 1964.

teorisine doğru ilerleyebilirsiniz. Sicim teorisi, kuantum dünyasından yola çıkarak Her Şeyin Teorisi'ni bulma umudu sunar; çünkü bu teorisyenlere başka tür bir parçacık yerine, spini 2 olan kütlesiz bir bozonla başlamak için bir sebep verir.

Bununla beraber, Her Şeyin Teorisi'ne yaklaşmak için, genel görelilik teorisinden başlayıp aynı sonuca varan (umut verici bir şekilde) ikinci bir yol vardır; buna kuantum kütleçekim ilmeği denir. Bunun hakkında burada daha fazla şey anlatmayacağım, çünkü Çoklu Evren arayışına hiçbir şey katmamaktadır, ama sicim teorisinin ortadaki tek oyun olmadığının farkına varmaya değer; gerçi kuantum kütleçekim ilmeği öncülerinden biri olan Lee Smolin durumu şöyle kabul etmiştir: "Bildik terminolojiyle, ardalan uzayzamanına karşı ilerleyen kuantum parçacıklarına karşılık gelen diyagramları ele alan; sicim teorisinin, kütleçekimi kuantum teorisi ve doğanın diğer kuvvetleriyle tutarlı olarak birleştiren, bilinen tek yol olduğunu söyleyebiliriz."

Aslında üçüncü bir yol da vardır: Birkaç cesur teorisyen, görelilik teorisi ve kuantum teorileri anlayışına yeni yollar açacağını gayretle umarak, ilk prensiplerden Her Şeyin Teorisi'ni türetmeye çalışırlar. Bu cesurca bir gayrettir, ama burada ele alınmayacaktır.

1980'lerin ortasından itibaren, daha fazla fizikçi sicim teorisi fikrini ciddiye almaya başladığında, kuantum dünyasını bu şekilde tanımlamanın belirli bir garipliğine göğüs germek zorunda kaldılar. Biz dünyayı dört boyutta, üç uzay artı bir zamanda algılarız. Ama sicim konusunun her çeşitlemesinde denklemler sadece eğer sicimler çok daha fazla, en azından toplamda 11 boyut kapladığında çalışır: On uzay ve bir zaman boyutu. Bu ilk bakışta panik yaratabilir gibidir, ama yeni bir şey olmadığı ortaya çıkar. Daha fazla boyuta başvurarak doğa kuvvetlerini birleştirme fikri 1920'lere kadar gider, genel görelilik teorisinin keşfinden hemen sonrasına ve o zamandan bu yana görünmeyen ekstra boyutlar saklamanın standart bir yolu olmuştur. Buna "kompaktlaştırma" denir.

Kompakt, Ama Mükemmel Biçimlenmiş

Einstein 20. yüzyılın ikinci on yılında genel görelilik teorisiyle ortaya çıktığında fizikçilerin bildiği doğa kuvvetleri sadece kütleçekim ve elektromanyetizmaydı. Genel görelilik öyle bir başarıydı ki, Einstein'ın kütleçekim için kullandığı yaklaşımı elektromanyetizmaya uygulamaya çalışmak bazı insanlar için olağandı. Bir kişi de hatırı sayılır bir başarıyla aynen bunu yaptı: Konigsberg Üniversitesi'nde genç bir araştırmacı olan Theodor Kaluza. Bu büyük atılım fikrinin tohumu aklına 1919'un ilk zamanlarında gelmişti, ama 1921'e kadar yayımlanmadı; beş yıl sonra, İsveçli Fizikçi Oskar Klein tarafından mükemmelleştirildi ve tam paket bugün "Kaluza-Klein teorisi" olarak bilinmektedir.

1919'da elektromanyetizma tanımına yeni bir yol bulmak için yola koyulan herhangi biri pek olası değildir, çünkü elektrik ve manyetizmayı içeren tüm etkileşmelerin tam bir açıklamasını sunan, 19. yüzyılda geliştirilmiş ve kaşifi İskoç James Clerk Maxwell'den sonra Maxwell denklemleri olarak isimlendirilmiş zaten mükemmel bir denklem dizisi vardı. Daha sonra çok daha başarılı kuantum elektrodinamik teorisi üreterek, kuantum etkilerini işin içine katmaları için değiştirildiler[4] ama eğer kuantum etkileri hesaplamadan çıkartılsaydı, 1919'da Maxwell tarafından sağlanmış mükemmel derecede iyi bir "klasik" elektromanyetizma teorisi ve Einstein tarafından sağlanmış mükemmel derecede iyi bir "klasik" kütleçekim teorisi olacaktı. Kaluza sadece, matematikçilerin özellikle yeni keşiflerde yaptığı gibi, Einstein'ın denklemleriyle oynuyordu. Kaluza nasıl göründüklerine bakmak için, beş boyutta denklemlerin özdeşini yazdı. Bir aydınlanma anında, nasıl gözüktüklerinin genel görelilik teorisinin alan denklemleri ile Maxwell'in denklemlerine matematiksel olarak özdeş başka bir alan denklemleri seti olduğunu anladı.

Eğer kütleçekim dört boyutlu uzayzamandaki dalgacıklar cinsinden tanımlanabiliyorsa, elektromanyetizma da beş boyut-

4 Klein'ın başarısı Kaluza'nın modelin kuantum teorisinin bazı gerekliliklerini eklemesiydi. Avusturyalı Erwin Schrödinger tarafından keşfedilen ve Schrödinger denklemi olarak bilinen matematiksel bir tanımlamayı beş boyutta tekrar yazdı.

lu uzayzamandaki dalgacıklar cinsinden tanımlanabilirdi. Tek hamlede, Kaluza fiziğin iki klasik teorisini tek bir matematiksel pakette birleştirmişti. Einstein bile çok etkilenmişti. Kaluza'ya "Teorinizi çok seviyorum" diye yazdı ve Kaluza'yla bazı noktaları detaylıca tartıştıktan sonra, teorinin *Berlin Academy of Science Konferansları*'nda yayımlanması fikrini önerdi.

Einstein'ın desteğine rağmen esas Kaluza-Klein teorisi iki sebep yüzünde rağbet görmedi. Birincisi, fizikçilerin birbirleriyle elektromanyetizmadakinden çok daha karmaşık etkileşen daha fazla parçacık ve doğa kuvveti bulmalarıydı, dolayısıyla bu teori uzun süre Her Şeyin Teorisi olarak kalamadı, "sadece" kütleçekim ve elektromanyetizmanın teorisi durumuna dönüştü. İkincisi, teorinin gerektirdiği uzayın ekstra boyutu bilmecesiydi. Gizemli beşinci boyut neredeydi?

Aslında bu soruya mükemmel, apaçık bir cevap vardır, ama birçok fizikçinin Kaluza'nın öngörüsünü takip eden yıllarda çekici buldukları bir cevap değildir. Ekstra boyut çok küçük ve sıkı bükülmüş olabilir, dolayısıyla biz onu göremeyiz.

Olağan benzetme bir kamış benzetmesidir. Eğer sıradan bir kamışı alıp, ona bir teleskop gibi bakarsanız, oyuk bir tüp elde etmek için üçüncü boyut etrafında döndürülmüş iki boyutlu bir malzemenin[5] düz bir tabakasından yapıldığı görmek kolaydır. Ama eğer aynı kamışı yere yerleştirip çok uzaktan bakarsanız, tek gördüğünüz belli bir uzaklıktan sonra bir boyutlu bir nesne gibi gözüken bir çizgidir. "Çizgi" üzerindeki her "nokta" gerçekte çok küçük birer dairedir, görmek için çok küçüktür. Asıl Kaluza-Klein teorisinde uzayın her "noktası" 10^{-32} santimetre genişliğinden fazla olmayan, ya yukarı-aşağı ya sol-sağ ya da ileri-geri yönlerinden biri etrafında bükülmüş gerçekten çok küçük bir döngüdür; bu uzayın dördüncü boyutu, yani uzayzamanın beşinci boyutudur.

Bu matematiksel fizikçiler tarafından tam da 1920'lerin başlarında kabul edilebilirdi. Ama daha fazla parçacık ve kuvvet keşfedilince, ekstra boyutlara olan ihtiyaç arttı. Sonunda, tüm parçacıklar ve doğa kuvvetlerini tanımlamak için, Kaluza-Klein

5 Malzemenin kendisinin kalınlığını ihmal ederiz.

teorisinin çağdaş versiyonlarının, on uzay artı bir zaman şeklinde, on bir boyut gerektirdiği ortaya çıktı. Bu, kuantum ölçeğinde aşina olduğunuz dört boyutu büyük ölçekteki olayların yaşandığı bir ortam olarak bırakmak için en az yedi uzay boyutunun dürülmesi veya sıkılaşması gerektiği anlamına gelir. Sadece birkaç matematiksel eğimli fizikçi, on yıllar geçtikçe Kaluza-Klein teorisinin güncelliğini koruması için uğraştılar; ama sicim teorisi sicimlerin içinde titreşmesi için aynı zamanda en az on bir boyut gerekliliğiyle ortaya çıkınca işler değişti. Kompaktlaştırma 1990'larda ortaya çıkan ve 21. yüzyılın ilk yıllarında geliştirilen Her Şeyin Teorisi'nin yeni adaylarının ana bileşeni haline geldi.

M'nin Büyüsü

Sicim teorisinin en düşündürücü yönü, başarısına rağmen teorinin tek bir versiyonunun olmamasıydı. Aslında Her Şeyin Teorisi için birçok sicim adayı vardı. Tam olarak, 1990'ların ilk yıllarında teorisyenler sicim teorisinin beş farklı versiyonuyla ortaya çıktılar ve her biri matematiksel anlam ifade edip Her Şeyin Teorisi'ne uygun bir aday gibi gözüküyordu ve her biri uzay-zamanın aşina olduğumuz dört boyuta ek olarak altı kompakt boyut içeriyordu. Aynı zamanda süper kütleçekim olarak bilinen ve on bir boyut gerektiren altıncı bir teori daha vardı. Ama iyi haber, uygulanabilir sicim modellerinin sadece bunlar olduğunu kanıtlamanın mümkün olduğuydu. Belki sicimleri içeren başka matematiksel paketler olabilirdi, ama hepsi sonsuzluklar ve renormalizasyon sorunuyla uğraşmak zorunda kalırdı.

Ancak bu küçük bir teselliydi. Çok fazla sicim teorisyeni durumdan rahatsızdı. John Barrow'un dediği gibi: "Her Şeyin Teorisi için neredeyse bir yüzyıl beklersiniz, sonra beşi birden aynı anda gelir." En iyi umut adaylardan birinin diğer hepsinden daha iyi olmasıydı. Ama 1995'de, Princeton'daki Ed Witten, zıt sonuca ulaştı. Witten hepsi eşit derece iyi, dedi (ve on bir boyutlu süper kütleçekimini ekledi), çünkü hepsi aynı şeyin parçalarıydı. Altı modelin birbirine dönüşebileceğinin yollarını gösterdi, ki bu, hepsinin altta yatan tek ve gerçek Her Şeyin

Teorisi'nin farklı yönleri olduğunu ima ediyordu. Bu tıpkı elektrik ve manyetizmanın iki farklı kuvvet gibi gözüktüğü, ama aslında elektromanyetizmanın farklı yönleri olduğu gibidir. Buna bakmanın başka bir yolu, yelkenli gemi zamanlarında beş farklı Avrupa keşif heyetinin ayrı ayrı Alaska, Florida, Panama, Brezilya ve Tierra del Fuego'yu keşfetmesini ve Avrupa'daki herkesin bunların birbirine bağlı aynı kara parçasının parçaları olduğunu fark etmeden hepsinin beş farklı ada olduğunu sanmasını hayal etmektir.

Diğer şeyler arasında, tüm bu modellerin altta yatan tek bir teorinin farklı yönleri olduğu keşfi, süper kütleçekim gibi sicim modellerinin gerçekten on uzay boyutu artı bir zaman boyutu gerektirdiği anlamına geliyordu. Ama o zaman, "ekstra" boyut, yani on birinci boyut, kompakt olmak zorunda değildi. Çok büyük olabilir, ama uzaysal bir boyutta (uzayzamanla karıştırılmasın!) diğer tüm bilinen uzay boyutlarına dik açıdadır. Eğer tüm Evrenimiz masa üzerinde duran iki boyutlu bir kâğıdın düz bir tabakası olarak ifade edilseydi, bu ekstra boyut, üçüncü bir boyutta yukarı uzayarak kâğıt yüzeyine dik açılarda bulunması gerekirdi.

Tüm bunlar sicim teorisine büyük bir farklılık getirir. Titreşen sicimler cinsinden düşünmek yerine, titreşen tabakalar veya bir davulun yüzündeki zarlar cinsinden düşünmek zorundayızdır. Bir zar, kabaca konuşmak gerekirse, iki boyutlu bir tabakadır. Matematiksel dilde, bir nokta bir 0-zardır, bir çizgi (veya sicim) bir 1-zardır, bir tabaka bir 2-zardır ve görsellemesi zor olsa da, daha yüksek boyutlarda özdeş yapılar bulunmaktadır: 3-zar, 4-zar, vs. Bunlar genellikle, genel olarak "p-zar" olarak ifade edilir ve buradaki p herhangi bir sayı olabilir. Witten, fikirlerin tüm paketine "M-teori" ismini vermiştir, ama asla "M"in neyi ifade ettiğini söylememiştir; birçok insan onu "zar"ın* kısaltması olarak okumaktan memnundur.

Zarlar kompaktlaştırma (belirli bir kompaktlaştırma türü) yüzünden sicim gibi görünebilirler. Tek boyutlu bir çizginin bir sicimi oluşturduğunu düşünmekten ziyade, şimdi elastik bir malzeme parçasından yapılan, sonlu bir genişlikte, aslında

* Membrane ve kısa olarak brane –çn.

daha çok bir lastik bant gibi bir şeridi düşünmeliyizdir. Eğer elastik bantın genişliğine karşılık gelen boyut, görmek için çok küçük olana kadar kısalırsa, malzemenin şeridi, hâlâ gerçekten bir şerit olmasına rağmen bir sicim gibi gözükecektir.

M-teorisi şimdiye kadar Her Şeyin Teorisi için en iyi adaydır. Aynı zamanda, Çoklu Evren arayışı için birden fazla yeni görüş sağlar. Bu görüşlerden en belirgini, tüm Evrenimizin görüntüsünü, üçüncü boyutta yukarı doğru uzayan kâğıdın yüzeyine dik açılarda bulunan ekstra bir boyutla beraber, bir masanın üzerinde duran iki boyutlu bir kâğıt parçasıyla ilişkilendirir. Birincisinin üstünde ve onun üstünde ve onun üstünde duran başka bir kâğıdın; birbirinden on birinci boyutla ayrılmış çoklu üç boyutlu evrenlerin neden olamayacağına bir sebep gösterilmemiştir. Bu, üç boyutlu uzayda birbirinden geniş uzaklıklarla ayrılmış çoklu bir baloncuk evrenler fikrinden oldukça farklı bir olgudur. ("Kapı komşu evren" on birinci boyutta bizden azıcık bir mesafeyle ayrılmış olabilir.) Buna daha sonra değineceğim. M-teorisi aynı zamanda, Büyük Patlama evrenlerinin bizim zaman dizisinde birbirlerini ne kadar farklı takip edebileceklerini bir evrenin, Zümrüdüanka kuşu misali, bir önceki ömrünün küllerinde nasıl doğacağını da önerir;. İşin garibi, bu kütleçekimin inanılmaz zayıflığı ve açık uçlu sicimlerin varlığıyla alakalıdır.

Kütleçekimin İnanılmaz Zayıflığına Tekrar Ziyaret

Doğadaki diğer kuvvetlerle karşılaştırarak, kütleçekimin ne kadar zayıf olduğu hakkında bir fikir edinmek zordur. Zümrüdüanka kuşu evreni olgusuna göz atmadan önce, biraz farklı bir bakış açısıyla 2. Bölümde bahsedilen bazı fikirleri yeniden gözden geçirmek oldukça önemlidir. Bizi dünyanın yüzeyinde tutan ve bize ağırlık veren, kütleçekimin günlük hayatımızda en büyük kuvvet olduğunu düşünmeye alışkınızdır. Ama sizi ağırlığınızda çekebilmesi için veya Isaac Newton'un fark ettiği gibi, ağaçtan bir elmanın düşmesi için bütün gezegenin tüm kütlesinin kütleçekimi gerekmektedir. Küçük bir çocuk dahi, kolundaki kas gücüyle gezegenin tüm çekimini yenip bir elmayı yerden

kaldırabilir, ki aslında bu kas gücü, kütleçekimsel kuvvetten çok daha büyük olan elektromanyetik kuvvete bir bakış açısı sağlar.

Günlük yaşantımızda, kütleçekimin gerçekten ne kadar zayıf olduğunu fark etmeyiz, çünkü iki önemli özelliği vardır: Birincisi, uzun erimli olmasıdır. Bir nesnenin diğer nesneyi kuvvetle çektiği kütleçekimsel kuvvet, 1'in iki nesne arasındaki uzaklığın karesine bölünmesiyle azalır (ters kare yasası), ama prensipte zayıf olacak olsa da sonsuza kadar etkiyebilir. Dolayısıyla Dünya bizi yüzeyine yapıştırır, Güneş gezegenleri yörüngesi etrafında tutar ve Güneş de Samanyolu'ndaki tüm maddelerin kütleçekimsel çekimi sayesinde Samanyolu'nun merkezi etrafında yörüngede tutulur. İkinci olarak, bu örneklerin altını çizdiği gibi, tek tür kütleçekim vardır ve daha fazla maddeyle güçlenir. Elektrik, manyetizma gibi, birbirini yok edebilecek iki çeşit olarak bulunur (pozitif ve negatif yük, kuzey ve güney kutupları). Dolayısıyla örneğin vücudunuzda birçok negatif (elektron yapısında) ve pozitif yük (proton yapısında) olsa da, toplamda vücudunuzun elektrik yükü yoktur ve elektriksel olarak konuşmak gerekirse, yanınızdaki insana yapışmaz veya itilmezsiniz.[6] Diğer iki kuvvet, parçacık etkileşmesindeki yeğin ve zayıf kuvvetler, sadece kısa erimlidir ve bir atom çekirdeğinden büyük ölçeklerde hiçbir şeyi doğrudan etkilemezler.

Kütleçekimin ne kadar zayıf olduğunu görmek için, aynı iki şeyi birbiriyle karşılaştırmak ve atom çekirdeğindeki parçacıkların dört kuvvet üzerinden birbirlerini ne oranda etkilediklerine bakmamız gerekir. Eğer yeğin kuvvetin gücü 1 olarak tanımlanırsa, o zaman aynı birimlerle elektromanyetizmanın gücü 1/137'dir (yaklaşık 10^{-2}) ve zayıf kuvvetin gücü 10^{-13}'tür, yani yeğin kuvvetin gücünün on bin milyarda biri. Ama kütleçekimin gücü sadece 10^{-38}'dir. Diğer kuvvetlerden uzak ara en zayıf olan kuvvet bile kütleçekimden 10^{25}, yani on milyon kere milyar kere milyar daha büyüktür. Sebep sicimlerin zarlara bağlanıp veya bağlanmadığında yatıyor olabilir.

6 Bazen vücudunuzda küçük bir elektrik yükü oluşturabilirsiniz, örneğin kuru bir günde naylon bir halı üstünden belli tipte bir ayakkabıyla yürüyerek. Fazla elektrik kapı kolu gibi metal bir şeye dokunduğunuzda, fark edilebilir bir çarpma yaparak boşalır.

Bir kez daha, fikir sadece eğlencesine denklemlerle oynayan bir matematikçiden gelmiştir. O matematikçi, California Üniversitesi, Santa Barbara'dan Joe Polchinski'ydi; 1990'ların ortasında açık uçlu sicimlere ne olduğu ilgisini çekiyordu. Asıl elastik bant fikri sicim döngülerini tasarlamış olsa da, sicim teorisi sonlu sicimlerin varlığına da olanak veriyordu ve sicimlerin sonlarına ne olduğu ilk bakışta açık değildi. Polchinski, sicimlerin sonlarının bir yüzeye bağlı olabileceği, ama başka bir yüzeye kaymakta serbest olabileceği fikrine sahipti. Bu yüzey bir zar olabilirdi[7] ve eğer zar üç boyuta sahip olsaydı, bu şekilde yüzeylere bağlı titreşen sicimlerin matematiği, "parçacıkların", özellikle doğanın kuvvetlerini taşıyan parçacıkların özelliklerini tanımlamada kullanılabilirdi. Matematikçilerin üç boyutlu bir zar "üzerinde" kayma olarak ifade ettikleri şey elbette, bizim algıladığımız üç boyut "içindeki" hareket etmeyle aynıdır.

İlkin, bu bir meraktan ötesi değildi. Ama Witten M-teori fikriyle ortaya çıktıktan sonra, görünür Evrenimizin, sicimlerin algılanır görünümleri olan foton ve elektron gibi parçacıkların zara bağlandığı ve üzerinde (veya içerisinde) kayarak, daha yüksek boyutlarda sürüklenen bir 3-zar olabileceği fikri hızlı bir şekilde popüler oldu. Matematik parçacıkların etkileşme biçimini tanımlama olarak işler; örneğin 1994'de, Polchinski D-zarların elektrik ve manyetik alanlar için olası kaynaklar olduğunu göstermiştir. Ama bir istisna vardır. Gravitonlar sadece sicim ilmekleri olarak var olabilirler ve zara bağlanamazlar. Zara bağlanmış parçacıklarla etkileşmelerinin tek yolu, bir nesneyi ekstra uzay boyutuna (boyutlarına) taşımak ve daha sonra başka bir nesneyle buluşması için 3-zara geri götürmektir. Ama bazı gravitonlar geri dönmeyebilirdi. Kütleçekim gerçekte zardan sızabilirdi ve kütleçekim kuvvetinin gücü sonuç olarak azalabilirdi.

Eğer gravitonların içine girebileceği ekstra boyut(lar) sonsuz büyük olsaydı, kütleçekim neredeyse tamamen sızabilirdi, dolayısıyla Evrendeki hiçbir şey bir arada duramazdı. Ama eğer uygun ekstra boyut sadece küçültülmüş olarak en basit yoldan

7 Polchinski, dalgaların yüzeyden sekme şekilleri üzerine çalışmış 19. yüzyıl matematikçisi Peter Dirichlet'ın onuruna, bunlara D-zarı der.

kompaktlaşmış olsaydı, öyle ki aşina olduğumuz uzayzamanın üç boyutuna da dik açılarda olan sadece sınırlı bir miktarda uzay olurdu, o zaman gravitonlar çok uzağa gidemezlerdi. Eğer ekstra boyut yeterince küçük olsalardı, gravitonların 3-zarı gerçekten terk edip terk etmediklerini söylemek zor olurdu ve kütleçekimin gücü dünyamızdaki diğer doğa kuvvetleriyle arasında olan ilişkiyi açıklamak için tam doğru büyüklükte olurdu. Neden bu özel yolla kompaktlaşmış olmalıdır? Çünkü kısaca anlatacağım gibi, uzayı kompaktlaştırmanın birçok yolu vardır ve bunların çoğu yıldızların, gezegenlerin ve insanların varlığına olanak sağlayamayacak kadar ya çok zayıf ya da çok büyük bir kütleçekim kuvveti üretirler. İkinci bölümde ele alındığı gibi, bizler sadece kuvvetlerin doğru dengesine sahip bir Evrendeki bu tür şeyleri fark etmek için var olabiliriz.

Burada bir sürpriz vardır. Eğer gravitonlar Evrenimizden dışarı sızabiliyorsa, aynı zamanda içeri de sızabilirler; dolayısıyla belki de Büyük Hadron Çarpıştırıcı'sında tayin edilecek diğer enteresan parçacıklar da sızabilir ama bu başka bir hikâyedir. Birçok 3 boyutlu zar dünyası daha yüksek boyutlu uzayda yan yana durabilir, tıpkı masamın üzerindeki bir kâğıt yığını gibi. Kapı komşusu evren belki de bize on birinci boyutta mikroskobik derecede yakındır; onun bazı gravitonlarının bizim Evrenimize sızıp şeylerin hareket etmelerine etkiyecek kadar yakın. Bu etki tıpkı, Evrenimizin görünür yıldızlar ve galaksileri zorla çeken görülmeyen kara madde gibidir. Kara madde kozmolojinin, standart modelinin esas bileşenlerinden biridir. Esas bileşen Büyük Patlamadır ve zarlar bundan da sorumludur.

Dünyalar Çarpıştığında

Zarlar uzayın daha yüksek boyutlarında sürüklenirler, tıpkı iki boyutlu zarın veya kâğıdın üç boyutta hareket edebilmesi gibi. Bir kâğıt yığınındaki gibi istiflenmek yerine, zarlar (tüm evrenler!) yüksek boyutlarda üç boyuttaki maddesel nesneler gibi davranırlar; hareket edebilir ve bir diğeriyle çarpışabilirler veya Ay'ın Dünya etrafında dönmesi veya gezegenlerin Güneş etrafında dönmesi gibi bir diğerinin yörüngesinde dönebilirler.

Masamın üzerinde sessizce duran bir kâğıt yığınından daha iyi bir benzetme, güçlü bir rüzgârla dağılmış aynı kâğıtların kargaşası olurdu. Uzayın ekstra boyutlarını doğrudan tayin edemesek de, daha yüksek boyutlu uzayın geometrisi ve en yakın zarın yakınlığından etkilenmiş olması gereken alanlar vardır. Bunlar belki bir gün tayin edilebilir; bu sırada, fizikçiler bu alanların şişmeyi hangi yollarla yürüttüğünü bulmaya çalışmaktadır.

İki zarı bir araya koymak enerji gerektirir, tıpkı pozitif yüklü iki atom çekirdeğini bir araya koymanın enerji gerektireceği gibi. Ama eğer zarlar birbirlerine yüksek hızlarda çarpmışlarsa, hareket enerjileri yeni yapılara dönüşmüş olabilirdi, tıpkı ağır bir atom çekirdeği hızlı hareket eden bir parçacık tarafından vurulduğu ve parçalandığı zaman ortaya çıkan nükleer enerji gibi. 1990'ların sonunda, New York Üniversitesi'nden Georgi Dvali ve Cornell Üniversitesi'nden Henry Tye, zarlar arası bir kafa kafaya çarpışmada, çarpışma kinetik enerjisinin bir parçasının şişmeyi tetiklemek için gereken enerjiye dönüşebileceğini öne sürdüler. Bu enerjinin işi yapmak için çok küçük olduğu ortaya çıktı; ama bu hikâyenin sonu değildi.

Büyük bir araştırma ekibi zar çarpışmalarından enerji elde etmenin başka yolları hakkında düşünmeye başladığında, 2001'de büyük bir başarı geldi. Madde parçacıkları ve karşı-madde parçacıkları birbirini yok ettiklerinde (böyle çarpışmalarda, tüm kütle Einstein'ın ünlü denklemiyle uyumlu olarak enerjiye çevrilir) ortaya çıkan enerjiyle karşılaştırıldığında önemsizleşen atomik enerji gibi düşündüler, dolayısıyla sıradan bir zar-zar çarpışmasındakinden çok daha fazla olan enerji, eğer bir zar bir karşı-zar ile çarpışıp birbirini yok ederse açığa çıkabilirdi. Denklemler hem zarların hem de karşı-zarların varlığına olanak sağlar, dolayısıyla eğer birbirine yeterince yaklaşırlarsa çarpışıp yok olacaklarını sağlayacak şekilde bir zar da bir karşı-zara çekilir, tıpkı bir elektronun karşı-madde karşılığı pozitrona çekildiği gibi.

Şişmek için madde kalmayacağından, bu fikir yararsız gözükebilirdi. Ama zar-karşı zar yok oluşundan o kadar fazla enerji açığa çıkar ki, bir miktarı yakındaki zarlara saçılır ve şişmeyi tetiklemek için ihtiyaçtan fazla serbest enerji sağlar. Bir de

sürpriz vardır. Bu yok olma süreci, doğal olarak bizim Evrenimiz gibi oldukça az boyutlu bir evrenler çeşidi oluşturmaya eğimlidir. Örneğin eğer bir 7-zar ve karşılığı birbirini yok ederse, aslında tek bir aşamada tamamen enerjiye dönüşmezler. 5-zarların ve karşı-zarların yapısındaki parçalarla beraber çok fazla enerji açığa çıkar. Bu parçalar kendi sırası geldiğinde, 3-zar ve karşı-zar yapısında kalıntılar bırakarak birbirini yok ederler. 3-zarlar, 1-zarları oluşturmak için yok olurlar ve sadece 1-zarlar yok olduğunda her şey enerjiye çevrilmiş olur. Büyük zarlar (yani fazla boyutlu zarlar) çok boyutlu uzayı doldurur ve hızlıca birbirlerine çarparlar. Ama Evrenimiz gibi küçük zarlar, daha yüksek boyutlu uzayda daha dağınık ve seyrek olarak dağılmışlardır ve yok edilmeden önce uzun bir süre etrafta bulunabilirler. Bu, içinde yaşadığımız üç boyutlu Evren çeşidinin neden yaygın olması gerektiğine inandırıcı bir kanıttır.

Bir başka açıdan bu fikir hakkında tatmin etmeyen bir şey vardır, çünkü az sayıda yüksek boyutlu evren içeren erken bir durumdan çok sayıda az boyutlu evren içeri ileri bir duruma geçen, tekrarlanmayan bir Çoklu Evren evrimi ima etmektedir. Bu neredeyse yaşam için uygun koşulları oluşturan özgün bir Büyük Patlama fikri kadar rahatsız edicidir. Eğer zamanı denklemden çıkarabilseydik çok daha tatmin edici olabilirdi. Bunu yapmanın bir yolu, önceki bölümde tanımlanan sonsuz bir de Sitter uzayındaki ebedi şişmenin yansımalarına sahiptir, ama şişme olmadan.

Kendi Önyüklemeleri Sayesinde

Bu fikrin öncü savunucuları Princeton Üniversitesinden Paul Steinhardt ve o zamanlar Cambridge Üniversitesinde olan, ama şimdi Ontario'daki Perimeter Enstitüsü'nde çalışan Neil Turok'tur. 1999'da, ikisi de Cambridge'teki bir konferansa katılmadan önce Dvali ve Tye'ın zar çarpışmaları üzerine yaptığı erken çalışmaların farkında değildi. Bu konferansta, Pennsylvania Üniversitesi'nden Burt Ovrut, bilinen üç uzaysal boyuta dik bir yönde (eğer M-teoriyi kabul ediyorsanız on birinci boyut boyunca) ufacık miktarlarda birbirinden ayrılmış üç boyutlu zar

dünyalar fikrinin ana hatlarını çizdiği bir konuşma yapmıştı. Steinhardt ve Turok odanın ters köşelerinde oturuyorlardı, ama konuşmadan sonra ikisi de aynı fikirle Ovrut'a yaklaştı. Kimin ilk bu fikirle ortaya çıktığını ikisi de şimdi hatırlayamıyor, ama ikisi de açık bir şekilde birinin ağzından şunun çıktığını hatırlıyor, "Bu dünyalar ekstra boyut boyunca hareket edemezler mi? Eğer ederlerse, Büyük Patlamanın iki dünya arasındaki çarpışmadan ibaret olabileceği mümkün müdür?" Bu, *Endless Universe* kitaplarında açıklanan uzun ve meyve veren bir ortaklığın başlangıcıydı.

Bu süreçte yapılacak hâlâ çok iş vardır; ama buraya kadar olan süreç döngüsel evren fikri üzerine merak uyandıran bir çeşitleme getirmiştir. Model döngüsel olduğu için, onu döngünün içindeki herhangi bir noktadan tanımlamaya başlayabiliriz, dolayısıyla ben de Büyük Patlamayı tetikleyen olayla başlayabilirim. Steinhardt ve Turok'a göre, bu iki pürüzsüz, düzgün ve boş 3 zarın bir araya gelip çarpışması sonucu olmuştu. Her zar, başlangıçta on birinci boyut boyunca küçük mesafelerle birbirinden ayrılmış, ilave olarak altı kompakt boyut ve bir zaman boyutuna sahip, bizimki gibi tam üç boyutlu bir Evrendir. İlkin, on birinci boyut boyunca çok yavaş bir şekilde hareket etmişlerdir, ama yakınlaştıkça yay gibi kuvvetlerce çekilip hızlanmışlardır ve iki dünyayı da uç sıcaklıklarda ısıtmaya yeterli bir etkiyle çarpışmışlardır. Önemli olan, modelin şişmeyi tetikleyecek kadar büyük bir enerji girişi gerektirmez. Bunun yerine, sıcaklık "sadece" yaklaşık 10^{20} K'dir, ki bu dünyamızdaki parçacıkların nasıl ışıyan enerjiden yapıldığını ve sıcak ateş topunun sonradan nasıl soğuyup atom ve ardalan ışımasını oluşturduğunu açıklamak için yeterli bir sıcaklıktır. Sonsuz olmaktan uzak bir şekilde, gereken enerji Planck ölçeğindeki olaylarla ilişkili enerjiden çok daha azdır, dolayısıyla bu erken Evren modeline dahil olan hiçbir tekillik yoktur.

Steinhardt ve Turak'ın aynı zamanda büyüyüp galaksi olan düzensizliklerin nasıl başladığına dair düzgün bir açıklaması vardır. Bu, şişme modelinde olduğu gibi, kuantum dalgalanmalarına bağlıdır. Kuantum dalgalanmaları yüzünden, hiçbir uzayzaman tamamen düz ve boş olamaz ve kuantum ölçeğinde

iki çarpışan zar kaçınılmaz olarak rastgele bir yolla kırışıktır. Sonuç olarak, iki zar tam olarak aynı anda, her yerde bir araya gelmez; on birinci boyutta birazcık öne çıkan parçalar ilk önce çarpışır ve bu bölgeler ilk olarak ısınır. İki zar çarpıştıktan sonra, her biri seker, ama sıcaklık iki zarın her yerinde çok yüksek olsa da, bazı yerler diğerlerinden daha sıcaktır. Tüm bu çarpışma ve sekme süreci, düz uzay zamandan bir evren oluşturan şişme için gereken salise yerine, milyarlarca yıl alabilir, fakat her iki durumda da düzensizliklerin esas sebebi kuantum dalgalanmaları olduğu için, çarpışan zar modelinde ortaya çıkardığınız düzensizlik deseni şişme tarafından sağlanan desenle aynıdır. Bu, WMAP gibi uydulardaki mikrodalga detektörlerinden gözlenen desenle tamamen aynı olduğu anlamına gelir.[8] Desen her evrende aynı olurdu, çünkü sıcak bölgeler birbirlerine ilk dokundukları yerdir. Dolayısıyla bir evrendeki madde kümeleri kapı komşu evrendeki madde kümeleriyle örtüşür. Zarlar birbirinden uzaklaştıkça, yay benzeri bir kuvvet yüzünden birbirlerine mikroskobik bir uzaklıktan daha fazla yaklaşamazlar ki bu diğer boşlukları dolduran serbest uçuşan gravitonlara kuvvetli bir kütleçekimsel etki uygulamak için yeteri kadar yakın bir mesafedir. Bu resimde, kara madde kapı komşusu evrendeki maddedir ve kapı komşusu evren bize bir atomun genişliğinden daha yakındır.

Dolayısıyla çarpışan ve seken zarlar, bir Büyük Patlama tarafından ortaya çıkmış, bizimkinden ayırt edilemez bir evren oluşturabilirler. İki zarı birlikte tutan yay-benzeri kuvvet kara enerjiyle ilişkilidir; dolayısıyla şişme teorisinden farklı olarak, sekme modeli[9] Evrenimizde kara enerjinin varlığını (izin vermek yerine) gerektirir. Daha önce tanımlanan kara enerji modellerindeki gibi, kara enerjinin genişlemeye baskın olmaya başladığı Evrenin yaşamının enteresan bir döneminde yaşıyoruz. Zaman geçtikçe Evren, maddenin uzayzaman tamamen düz (kuantum

8 Zarların gerçekte asla birbirine dokunmadığı, ama çok yakınlaştıklarından birbirlerini geri attıklarını söyleyen, bu fikrin bazı düzeltmeleri vardır. Ama sonuç aynıdır.

9 Steinhardt ve Turok buna Yunancada alevlenme anlamına gelen 'ekpirotik' der. Bu tatsız terimden nefret ediyorum ve onu kullanmaktan kaçınacağım.

dalgalanmaları hariç) ve neredeyse tamamen boş olana kadar daha da incelerek, tüm gözlenebilir evrenin büyüklüğüne karşılık gelen bir uzay hacminde tek bir elektron bulunmayacak şekilde, hızlanarak genişleyecektir. Genişleyen bir de Sitter uzayı haline gelmiş olacaktır.

Bu sırada, çarpışmadan bizim dünyamızdan uzaya sekmiş olan diğer zar dünyası, aynı şekilde kendi genişlemesi ve incelmesiyle devam eder. Ama on birinci boyut boyunca iki dünya birbirinden ayrılıyor olsa da, yayımsı kuvvetle hâlâ bir arada tutulur ve er ya da geç birbirlerine bir kez daha yönelmeye başlarlar. Bu çok uzun bir süre alır; Steinhardt ve Turak trilyonlarca yıldan bahseder ve bir trilyon milyon kere milyondur ya da 10^{12} yıl. Bu, Büyük Patlamadan bu yana kadar geçen zamanın "sadece" yaklaşık yüz katıdır, ki bu da bir kez başladı mı hızla artan üssel genişlemenin gücünü gösterir. Sonunda, zarlar bir araya gelir ve tüm süreç tekrarlanır. Zümrüdüanka kuşu misali, yeni bir evren (veya iki) eskisinin küllerinden doğar. Evren, kendi önyüklemelerini çekerek kendini varlığa kavuşturup, kendi kendini (yeniden) yaratıyor gibi gözükür ve doğanın sabitlerinin döngüden döngüye değiştiği sonsuz bir evren döngüsü sunar, o kadar ki biz sadece şartların yaşam için uygun olduğu belli bir baloncukta yaşıyoruzdur. Ama her Büyük Patlamayı yürüten enerji nereden gelir? Tüm bunlar entropi hakkındaki fikirlerimizle nasıl uyumlu olur? Bir kez daha, hepsi kütleçekimle ilgilidir.

Dipsiz Kuyu

İki zarın bir araya geldiği her zaman, on birinci boyut boyunca hareketlerinin kinetik enerjisinin bir kısmı ışıma ve maddeye çevrilir. Bu enerji kaçınılmaz olarak, onları birbirine çekmek için yayımsı kuvvete yardım eden iki zar arasındaki kütleçekimsel kuvvetten gelmektedir. Günlük tecrübemiz bize bu durumda iki zar arasındaki sekmenin birçok döngüyle gücünü yitirmesi gerektiğini söyler, tıpkı bir yükseklikten sert yüzeye bırakılmış bir topun yere her vuruşuyla biraz daha az sekmesi gibi. İki zar arasındaki en fazla ayrımın aynı şekilde her döngüde azalması

gerektiği görülür. Ama bu kütleçekimin negatifliğini işin içine katmaz.

Kütleçekim sadece negatif değil, aynı zamanda dipsiz bir kuyudur. Negatifliğin miktarında bir sınır yoktur, dolayısıyla enerjinin altına düşemeyeceği bir limit yoktur. Bu, örneğin sıcaklıktan oldukça farklıdır. Bir şeyin en fazla ne kadar soğuk olabileceğinin bir sınırı *vardır*. Sıcaklığın sıfır noktasını suyun donma noktasına ayarladığımız için, negatif olarak gelebilecek en düşük sıcak -273,15°C'dir. Ama sıfırımızı ölçekteki herhangi bir nokta olarak seçebiliriz ve Kelvin ölçeğinde bu en düşük uç sıcaklık sıfıra yerleştirilmiştir (0 K), dolayısıyla tüm sıcaklıklar pozitiftir ve buz +273,15 K'de erir. Bu tür bir şeyi kütleçekimle yapamazsınız, çünkü ölçmeye başlamak için en düşük uç bir enerji noktası yoktur. Bu yüzden, her sekmede bir önceki sekmeden daha az enerjinin olduğunu söylemek bile mümkün değildir. Prensipte bile tayin edilebilmiş her şey, sıcaklık, madde yoğunluğu ve iki zarın en yakın yakınlaşmasındaki genişleme hızıdır. Steinhardt ve Turak, hesaplamalarının bu özelliklerin tam olarak bir sekmeden bir sonrakine tekrarlandığını söylediğini bize temin eder. Bu süreç kesinlikle döngüseldir.

Modelleri aynı zamanda, evrenin genişlemesinin tersini içeren, sekme modellerinde oluşan entropiyle ilgili sorunları da çözer. Zümrüdüanka kuşu modelinde, üç boyutlu uzayda, genişleme asla ters dönmez; dolayısıyla bu sorunlar ortaya çıkmaz. Maddenin yoğunlaştığı "büyük çökme" diye bir şey yoktur ve önceki döngüde biriken entropi sekmenin bir önceki Büyük Patlamanın ikiz görüntüsü olmasını engeller. Zümrüdüanka kuşu modelinde, entropi her Büyük Patlamadan genişlemeye başlayan evren gibi olağan yollarla yükselir, ama kara enerjiyle ilişkili uzayın aşırı uzaması entropi için, yoğunluğunu düşük tutacak ekstra yer açar. On birinci boyut boyunca iki zar bir araya geldiğinde dahi, ki bu eski döngüsel modellerdeki küçülme fazının karşılığıdır, üç boyutlu uzay genişler. Genişlemeyi asla durdurmaz. Çarpışmalar olduğu ve daha fazla madde ve ışıyan enerji evrenin içine boşalıncaya kadar, entropi yoğunluğu oldukça küçük olur ve tüm süreç tekrarlanabilir. Sonsuz negatif kütleçekim ve sonsuz genişleyen evren, sonsuz Büyük Patlamanın birbirini

izlemesi için bir ardalan sağlar. Uzay boyunca sonsuz çeşitlilikte evrenler önermek yerine, bu model zaman içinde sonsuz çeşitlilikte evren sunar (Büyük Patlamadan ortaya çıkmasına olanak sağlanmış her şey). Steinhardt ve Turok uzay söz konusu olunca her döngüde bunun bir "*plus ça change, plus c'est la même chose*"[10] durumu olduğunu vurgular.

Ev Gibi Birçok Yer Vardır

Zümrüdüanka kuşu modeli birçok açıdan şişmeyle oluşan bir evrenden ayırt edilemez bir evren oluştursa da, iki fikir arasındaki bazı ana farklılıklar vardır ve bunlardan biri nasıl bir evrende yaşadığımızı anlatmayı mümkün kılabilir. Kavramsal olarak, fikirler neredeyse birbirinin tam tersidir. Şişme fikri, bizimki gibi bir evrenin içeriden sonsuz gibi gözükse de, aslında şişen uzayın büyük boşluklarıyla benzer evrensel baloncuklardan ayrılmış nadir bir baloncuk olduğunu ileri sürer. Bu baloncuklardan sonsuz sayıda olabilir ve şişmenin bir sonucu olarak ne olabileceği konusunda tüm olası çeşitlemeleri sağlayabilirler, ama "yakın" anlamında değildirler ve rastgele bu baloncuklardan seçilecek herhangi birinin bizim baloncuğumuza benzeyeceğini düşünmek için bir sebep yoktur. Çoklu Evrenin çoğu bizim evimizden oldukça farklıdır.

Zümrüdüanka kuşu modeli, başka bir açıdan, her döngüde her yerin hemen hemen aynı olduğunu söyler; yerel evren, bir bütün olarak evrenin bir örneğidir. Sonsuz uzayın tümü, kozmik çevremizdeki yıldızlar, galaksiler ve sonsuz evrende başka bir yerdeki bir gezegen üzerinde yaşayan yaratıklar uzaya doğru bakıp bizim gördüğümüz türde şeylerin aynısını gördüğü şekilde dağılmış yıldız ve galaksilerden oluşur. Tam olarak Kansas gibi olmasa da, her yer evimiz gibidir.

Her iki durumda da, uzayın mükemmel teleskoplarla bile görebildiğimiz en geniş bölgesi şu ana kadar gözlemlediğimiz uzay bölgesiyle hemen hemen aynı olacağı için, bu, gözlemlerle test etmeyi umabileceğimiz bir şey değildir. Ama iki modelin farklı tayin edilebilir tahminler oluşturduğu bir yol vardır.

10 Fransızca, "'ne kadar değişirse o kadar aynıdır" anlamına gelen bir atasözü.

Şişmeye göre, Evrenin doğumunda var olmuş uç koşullar yoğun kütleçekimsel ışıma, kozmik mikrodalga ardalan ışımasına bir damga bırakmış uzay dokusunda dalgacıklar oluşturmuş olmalıdır. Bu etkinin bugün radyasyon üzerindeki gözlemlenebilir etkiler cinsinden çok küçük olduğu hesaplanmıştır, ama 2009 yılında fırlatılmış ve şimdi ardalan ışımasını analiz eden Avrupa uydusu Planck'a yerleştirilmiş cihazlar tarafından saptanabilirler. Diğer taraftan, şişmeden çok daha hassas ve daha az aşırı olan Zümrüdüanka kuşu modeli, tartışmasız bir şekilde ardalan ışımasında kütleçekimsel dalgaların izinin olmaması gerektiğini söyler.

Eğer Planck uydusu tahmin edilen etkiyi bulmakta başarısız olursa, bu Zümrüdüanka kuşu modelinin doğru olduğunu kanıtlamayacaktır, çünkü dalgalar hâlâ orada düşük bir seviyede bulunmuş olabilir. Ama eğer Planck kütleçekimsel dalgaların izlerini bulursa, bu kesinlikle Zümrüdüanka kuşu fikrinin yanlış olduğunu kanıtlayacaktır.

Steinhardt ve Turok modellerinin basitliği ve dolambaçsızlığını sever:

> Döngüleri yürüten, altta yatan mekanizma hassas ve kendini ayarlayıcıdır. İki zar arasındaki çarpışmalar orta hızlarda meydana gelir (ışık hızının altında). Kara enerji yoğunluğu her zaman düşüktür ve geniş şişme içeren evren boşluklarının yaratıldığı yüksek enerji durumlarına kaçış yoktur. Aksine, kara enerji bir tür döngüleri kontrol altında tutan amortisör gibidir; rastgele dalgalanmaların etkilerini keser dolayısıyla olağan, periyodik evrim yolunda gitmeye devam eder.

Bu iddialı bir teoridir, ama ben ikna olmadım; Planck'ın veya arkasından gelenlerin, erken Evrende kütleçekimsel dalgaların iş başında olduğunun izlerini bulacağını umuyorum. Zümrüdüanka kuşu modeli çekicidir, ama büyük bir kusuru vardır. Neden iki zarda durulsun ki? Bu iki sonsuz bir sarılmaya kilitlenmişken, on bir boyutlu uzayda başka neler oluyor? M-teorisi'yle ilgili en heyecan verici şey ve Çoklu Evren fikrini ciddiye almak için en saygı uyandıran sebep, sadece kendini tekrar ederek aynı melodiyi çalan bir çift zil değil, olası dünyaların sonsuz tercihi-

ni sunmasıdır. Leonard Susskind M-teorisi tarafından sunulan çeşitliliğe "kozmik manzara" ismini taktı ve bu teori şu an elimizdeki en yeni kozmolojik modeldir. Varoluşumuz bilmecesine özgün bir çözümden çok, birçoğu arasından bir seçenek olarak, döngüsel evrenler için manzarada bir yer olabilir.

Kozmik Manzarayı Keşfetmek

O kadar fazla seçenek olmasının sebebi, hepsi tek bir M-teorisinde toplanmış beş farklı olası sicim teorisi çeşidi olduğu doğru olsa da, bu beş teorinin her biri içerisinde uzayın kompaktlaşmış olduğu, akıl karıştıracak kadar fazla sayıda farklı yol olmasıdır. Her kompaktlaşma farklı bir evrene karşılık gelir. Kuvvetlerin gücü ve 2. Bölümde ele alınan doğanın sabitlerinin büyüklüğü, elektrondaki yük miktarı ve belirli evrenlerde var olabilecek elektron benzeri parçacıkların sayısı gibi şeyleri bile belirleyen kompaktlaşmanın detaylarıdır. Dünyamızda, tek bir elektron türü ve üç tür kuark vardır; ama değişik bir kompaktlaşmayla, örneğin üç tür elektron ve beş tür kuarkın olduğu bir dünya var olabilir.

Kompakt olması gereken altı uzaysal boyut olduğunu (aslında, bazı evrenlerde, on uzaysal boyuttan daha fazlası veya azı kompaktlaşabilir) ve her birinin bir sürü yolla kıvrılabileceğini hatırlarsanız, bu seçenek çeşidinin nedenini anlamak kolaydır (Max Tegmark bunu "3. Tür" Çoklu Evren olarak gruplandırır). En basit örnek, bir boyutun küçük bir kürenin eşdeğerine kıvrılmasıdır. Ama aynı zamanda, uzayın bir çember çöreğin (bir torus) eşdeğerine veya iki çöreğin birleşmesinin oluşturacağı gibi bir 8 figürü düzenine kıvrılması da mümkündür. Altı boyut olduğundan, bu durum oynamak için oldukça karışık ve gözde canlandırmak için de oldukça zordur, ama tüm olasılıklar matematiksel olarak ifade edilebilir; bunlar Calabi-Yau çok katmanları* olarak bilinir. Yan yana birleşmiş birçok çember çörekteki deliklere eşdeğer olarak, bu çok katmanlardaki delikler önemlidir, çünkü alanlar çöreğin veya yüksek boyutlu uzaydaki eşdeğerinin çember parçaları etrafına dolanarak delikler boyunca geçebilir.

* Manifolds –yn.

Demir talaşlarının, bir çubuk mıknatıs üzerine yerleştirilmiş bir kâğıt parçasına serpildiğinde ortaya çıkan, manyetik "kuvvet çizgileri" fikrine aşinayızdır. Manyetizmada olduğu gibi diğer alanlarda da bu tür kuvvet çizgileri, yüksek boyutlu çöreklerin ve deliklerinin etrafında dolanabilirler. Ama bir alanın ne sıklıkla böyle dolanabileceğine dair bir limit vardır, çünkü deliklerdeki alan çizgileri dış basınç üretir ve eğer bu yeterince büyükse, uzayı tersine-kompaktlaştırarak deliklerin genişlemesini sağlar. Alanların etkileşmesi ve kıvrılmış boyutlar, ortada madde olmadığı zaman belirli bir düzenle ilişkili bir enerjiyi, vakum enerjisini üretir: Boş uzayın enerjisi. Kozmik manzarada yerimizi kavramak için bu can alıcı bir noktadır.

Fizikçiler kozmoloji için tüm bunların çıkarımlarını düşünmeye ilk başladıkları zaman, yani 1990'ların sonlarında, özel Evrenimizin bu derin M-teori anlayışı tarafından sağlanan birçok olasılık arasından neden belirginleştiği bilmecesiyle karşılaştılar. Bazı insanlar, eğer Çoklu Evrende var olan birçok farklı olası düzen varsa, antropik prensibin bir formunun iş başında olduğu fikri tarafından cezbedildiler; ama bu bizimki gibi bir evrenin var olabileceğini hepten olası yapan çok büyük sayıda olası düzen gerektirirdi ve ilk başlarda kimse bunun teori tarafından sağlanıp sağlanmadığını bilmiyordu. 2000 yılında, o zaman Stanford Üniversitesi'nde çalışan Raphael Bousso ve Joe Polchinski, kuantum dalgalanmalarının çok nadir durumlarda uzay bölgelerinin bir kompaktlaştırma düzeninden başka birine zıplamasını sağlayabileceğini göstererek, fikri daha sağlam bir temele yerleştirdiler. Gerçekte, bu her biri kendi Büyük Patlamasından çıkan ve kendi yoluyla genişleyen, kendi fizik yasa dizisine sahip olan, ebedi şişmedeki baloncuk evrenlerinkine benzer bir düzen yaratarak, "eski" düzenle genişleyen uzayın bölgelerinden ayrılmış yeni baloncuk evrenler yaratabilirdi. Sonu ve başlangıcı olmayan, içinde baloncuklar içeren baloncuklar bulunabilirdi.

Bu fikir hemen popüler olamadı, ama 2003'te KKTL[11] olarak bilinen bir ekip, on boyutlu uzay boyutlarının bazılarının kom-

11 Shamir Kachru, Renata Kallosh, Sandip Trivedi ve Andrei Linde'nin başharflerinden.

paktlaşma tarafından sağlanan toplam evren sayısının gerçekçi bir hesabıyla ortaya çıktı. Yuvarlak rakamla, kompaktlaşmış uzayın 500 deliğe kadar "Çörek" içerebileceğini, ama daha fazla içeremeyeceğini buldu. Aynı zamanda her deliğin kesinlikle dokuzdan fazla olmayacak şekilde sadece birkaç kuvvet çizgisiyle geçilebileceğini keşfettiler. En üst sayı olarak dokuzu seçmek her delik için on olasılık verir (0, 1, 2... 8, 9) ve bu, 500 delikli boşluk için en fazla düzen sayısının 10^{500} olacağı anlamına gelir. Karşılaştırmak gerekirse, tüm görünür evrende sadece 10^{80} atom vardır. Çok büyük bir sayı olan 10^{500} sonsuz değildir, ama eğer tüm bu düzenler Çoklu Evrende var olursa, bazılarının Evrenimize çok benzer olma olasılığı için fazlasıyla yeterlidir.[12]

Leonard Susskind bu fikrin iştahlı bir destekçisi haline gelmiştir ve bu farklı kompakt düzenler ile farklı enerjilere sahip farklı evrenlerden oluşmuş Çoklu Evrene Kozmik Manzara ismini vermiştir. Fikir bu isim altında 2003 yılından sonra popülerleşmiştir. Kafa karıştıran 10^{500} sayısını bir bakış açısına koymayı deneyen Susskind eğer tüm görünür evrenin çapı boyunca Planck uzunluğu aralıklarıyla bir nokta dizisi oluşturursaydınız, bu çizgide sadece 10^{60} nokta olacağını işaret eder. Daha sonra vazgeçer. "10^{500} sayısı o kadar şaşırtıcı derecede büyüktür ki, bu kadar noktayı görsel olarak ifade etmenin bir yolunu düşünemiyorum" der. Şuna ne dersiniz? Hacim yarıçapın kübüne eşittir, dolayısıyla tüm görünür evreni bu yolla noktalarla doldursaydınız, sadece 10^{180} adet nokta olurdu. 10^{500} "Planck noktasını" doldurmak için kendi görünür Evrenimize benzer 10^{320} adet daha evrene ihtiyacınız olurdu. Bu, Kozmik Manzaradaki çeşitliliğin miktarıdır. Bu olağanüstü sayı yine de hikâyenin sonu değildir. Bu Çoklu Evrende sadece 10^{500} adet farklı evrenin bulunduğu anlamına değil, 10^{500} farklı *türde* evren olduğu anlamına gelir. Her biri kendi "Büyük Patlama"sından çıkıp kendi yoluyla gelişen, aynı fizik kurallarına sahip, aynı türde Calabi-Yau çoklu katmanının birçok kopyasını elde etmek için hâlâ alan vardır; bunun çıkarımları daha sonra ele alınacaktır.

Öyle olsa da, Kozmik Manzara pürüzsüz, devamlı bir yüzeyin eşdeğeri değildir. Böyle bir yüzeyi tamamen doldurmak için son-

12 Bazı hesaplamalar 10^{100} kadar olası boşluk durumunun olabileceğini önerir; 10^{500} aslında tutucu bir hesaptır!

suz sayıda nokta gerekir. Elinizde olması gereken görüntü daha çok noktalı bir resimdir. Bir uzaklıktan, bu manzara belki rastgele yüksek tepe ve yarıklarla, pürüzsüz yuvarlanan tepeler ve vadiler gibi gözükebilir, ama yakından neredeyse birbirine temas eden küçücük, sayısız noktadan yapılmış olduğunu görebilirsiniz; aslında bu, görünüşte devamlı pürüzsüz bir kâğıt parçasının sonlu sayıda atomdan yapılmış olmasından farklı değildir.

Ama manzaradaki tüm noktalar eşit değildir. Hepsinin aynı enerjiye sahip olmaması önemli bir noktadır. Genellikle enerji gibi değişken özelliklerin bir çeşit canlandırmasını oluşturmak için manzara fikri bilimde sıkça kullanılır. Susskind, büyük moleküllerin enerjisiyle bağlantı kurmak için kimyadaki kullanımından fikre aşina olduğunu söyler. Binlerce faklı atom içeren bir molekül prensipte aynı atomların farklı düzenlerde yerleştirilmeleriyle birçok yolla bir araya konabilir. Bu konu üzerine her çeşitleme kendi enerjisine sahiptir ve olasılık çeşitleri yüksek enerji düzenlerine karşılık gelen tepelerle ve düşük enerji düzenine karşılık gelen vadilerle inişli çıkışlı bir manzara olarak sunulabilir. Bu, kimyacıların belli bir düzenin ne kadar kararlı olduğu hakkında fikir edinmelerini sağlar. Eğer bir tepenin zirvesinde otururşa, o zaman herhangi bir çalkalanma sonucu atomların bir vadiye yuvarlanmaları gibi, kendilerini daha düşük enerjili bir düzene yeniden yerleştirmeleri olasıdır. Ama eğer düzen zaten vadinin dibindeyse, kararlıdır ve şeklini değiştirme şansı olmayacaktır.

Kozmik Manzarada, tepeler ve vadiler, her kompaktlaştırma düzeni için boşluk enerjisine karşılık gelir. Buradaki fikir, bir kuantum dalgalanmasının "yeni" bir düzen oluşturduğunda, bunu rastgele yaptığıdır. Eğer yeni uzay bir vadideyse, her şey iyidir, güzeldir. Belirli fizik yasaları dizisiyle orada kalır ve kendi işini yapar. Ama eğer düzen bir tepenin üzerindeyse veya bir vadinin yükseğindeyse, kararlı bir duruma yerleşmeden önce en düşük noktaya doğru yuvarlanır ve bunu yaparken enerji verir. Bir enerji çıkışıyla gerçekleşen bu yuvarlanma, kesinlikle zaten şişme olarak bildiğimiz durumdur.[13] Bu enerji bir Büyük Patla-

13 Manzaranın 'noktalı' yapısı yüzünden, bu 'yuvarlanma' aslında bir çeşit kuantum kararsızlığı içerir, tıpkı merdivenden aşağı seken bir top gibi, ama bu görüşü etkilemez.

mayı ortaya çıkarır ve vadinin dibindeki boşluk enerjisinin en düşük seviyesi, nadir kuantum dalgalanmalarının yeni evrenler yapabileceği, büyük miktarda yeni uzay sağlayarak er ya da geç bu belirli evrenin ivmelenerek genişlemesini gerçekleştirecek kara enerjidir (kozmolojik sabit). "Bilinen tüm kozmoloji," der Sussking, "kozmolojik sabitin bir değerinden daha küçük bir değerine olan yuvarlanma esnasında gerçekleşir."

Tepe ve vadilerle birlikte böyle bir manzaranın masaüstü modelini hayal edip, daha sonra yüzeyine bir misket yuvarlarsanız, misket bir tepenin zirvesinde değil, bir vadide sonlanacaktır. Neden bizim Evrenimiz seçilmiş olmalıdır? Eğer manzaraya tek bir misket yuvarlarsanız, pek olası değildir. Ama aynı anda birçok misket yuvarlarsanız veya sonsuza kadar birbiri ardına misketleri yuvarlamaya devam ederseniz, o zaman tüm vadiler işgal edilmiş olacaktır. Sicim manzarasındaki her nokta, kendi fizik yasaları dizisine sahip belli bir kompaktlaşmaya karşılık gelir. Ama Bousso ve Polchinski'ye göre, hemen hemen bizimki gibi evrenlerin var olabileceği "ideal mevkiler"de yaklaşık 10^{380} boşluk durumu vardır. Sadece böyle bir evrende var olabilecek olmamıza rağmen, bu antropik kozmolojinin gerekliliklerini tatmin etmek için yeterlidir. Sicim teorisi Çoklu Evrenin var olması için doğal bir sebep oluşturur ve ebedi şişme Çoklu Evren manzarasındaki tüm olası vadiyi işgal etmek için doğal bir süreç oluşturur. Fizik kuralları bir evrenin bu kozmik manzaranın neresinde olduğuna bağlıdır ve bu resimde kozmologlar alaylı konuşmayı sever; bildiğimiz fizik yasaları belki de sadece yasa gereği yereldir.

Schrödinger'in Kedisinin Geri Dönüşü

Bu tam olarak Kozmik Manzara hikâyesinin sonu değildir (şimdilik). Sicim manzarasını dolduran farklı türde evrenlerin sayısı o kadar devasadır ki, aralarındaki fark her zaman çok büyük değildir. Manzarada örneğin yasaların tıpkı Evrenimizdekiyle tamamen aynı olduğu, ama elektronun kütlesinin birazcık daha fazla (veya birazcık daha az) olduğu bir evren için yer vardır. Aynı zamanda elbette, bizimkinden çok farklı birçok evren vardır.

Ama şu an Arizona State Üniversitesi'nde olan kozmolog Paul Davies der ki, "Hoşunuza giden herhangi bir çeşit düşük enerji fiziği seçerek (makul düzeyde) bir evren icat edebileceğinizi söylemek çok fazla abartı olmaz ve hayal edilemeyecek geniş bir olasılık açık büfesi arasından bu tanımlamanızla eşleşen, bir yerlerde bir evren olacaktır." "Makul düzeyde" diyerek basitçe, örneğin ikinci bölümde ele alındığı üzere kütleçekimin ters kare yasasına sadece üç boyutlu evrende sahip olabileceğinizi, daha fazla boyutlu evrenlerde sahip olamayacağınızı kasteder. Kompaktlaşmanın farklı evrenler yoluyla ne üretebileceği konusunda bazı kısıtlamalar vardır, ki bu yüzden kozmik manzarada sonsuz sayıda değil de 10^{500} adet nokta vardır.

Kozmik manzarada aynı zamanda, fizik yasalarının Evrenimizden fark edilemeyecek kadar benzer, ama tarihlerin farklı olduğu evrenler için de yer vardır. Örneğin 65 milyon yıl önce büyük bir nesnenin Dünya'ya çarpmamış olduğu ve dinozor çağının beklenmedik bir sona gitmemiş olduğu bir evren. Tanıdık geldi mi? Bu Everett'in kuantum mekaniğinin Birçok Dünya yorumuna çok benzerdir. Aslında o kadar benzerdir ki, Susskind esasen aynı şey olduğunu önermiştir.

Susskind sicim teorisinin Çoklu Evrenine (kendisi bunu "mega evren" olarak tanımlar) iki bakış açısıyla ve kuantum teorisinin yorumuna iki yaklaşım arasındaki benzerliklere dikkat çeker. Bir yaklaşım, uzay yapısındaki değişimlerden etkilenmediğini hayal ettiğimiz tek bir gözlemcinin tek bir nedensel parça içerisindeki şeyleri izlediğidir. Bu bakış açısından, belli bir fiziksel özellikler dizisine sahip olan tek bir "cep evreni" vardır. Zamanla tünellemeye benzer kuantum dalgalanmaları uzayı, farklı fiziksel yasalara sahip ve çok büyük ihtimalle düşük enerjili değişik bir yapıya dönüştürür. Bu süreç tekrar ve tekrar olur, ama gözlemcinin geçtiği ardışık evrenlerin çok büyük çoğunluğu yaşam için barınılmaz ve verimsizdir. Bu tıpkı, Manzaranın sadece sınırlı bir bölgesini geçen ve gerisini keşfedilmemiş bırakan, Kozmik Manzara boyunca kıvrılan bir nehir gibidir. Varsayımsal gözlemcinin yaşam için uygun bir evren görme şansı oldukça düşüktür. Ardışık evrenler bir diğerini takip ettiği için, Susskind bunu "seri" bakış olarak adlandırır.

Bu başlıca Niels Bohr tarafından geliştirilen, kuantum seviyesinde bir seçim olduğunda bir yolun seçilip diğer tüm olasılıkların "dalga fonksiyonunun çökmesinde" kaybolduğunu söyleyen kuantum fiziğinin Kopenhag yorumuna benzerdir. Ama Susskind'in vurguladığı gibi, dalga fonksiyonunun çöküşü, kuantum fiziği matematiğinin parçası değildir, bu "Bohr'un deneyi bir gözlemle bitirmek için eklemek zorunda olmuş olduğu bir şeydir." Evren bir gözlemle bitmediği için, Kopenhag yorumu diğer pürüzlerinden oldukça farklı olarak, Çoklu Evreni tanımlamaya çalıştığımızda uygun değildir.

Diğer yaklaşım Susskind'in paralel bakış açısı dediği şeydir. Sicim teorisi tarafından sağlanan farklı durumlar boyunca birinden diğerine geçen tek bir evren yerine, Kozmik Manzara boyunca dağıtılmış, her biri bir diğerine paralel olarak aynı anda kendi yolunu ilerleten birçok cep evreni içerir. Bu bakış açısından, bazılarının yaşama uygun durumlarla sonlanacağı kesindir. "Diğerleri kimin umurunda?" diye belagatli bir şekilde sorar Susskind. "Yaşam olabileceği yerde oluşacaktır."

Susskind bunun kuantum fiziğinin Everett versiyonu gibi olduğunu söyler. Ama aslında David Deutsch'un fikrine daha fazla benzer. Kozmik Manzarada belirli herhangi bir cep evrenden başlayarak her olası gelecek, Manzaranın bir yerinde var olacaktır ve manzaradaki sınırlı bir bölge boyunca tek bir nehir gibi kıvrılan cep evren dizisini bağlayan özgün bir çizgi yoktur. Bu daha çok büyük bir selin tüm Manzarayı basması dolayısıyla her çukurun suyla dolması gibidir.

Susskind bunu derin bir öngörü olarak görür:

> Belki de en sonunda kuantum fiziğini sadece dallanan bir mega-evrende anlamlı olduğu ve mega-evrenlerin de sadece Everett'in yorumunun dallanan gerçekliği olarak anlam kazanacağını bulacağız.
> Mega-evren veya birçok dünya yorumu dilinin hangisini kullanırsak kullanalım, Sicim Teorisi'nin devasa Manzarasıyla beraber paralel bakış, Antropik İlke'yi saçma bir totoloji olmaktan çıkartıp güçlü bir düzenleme haline getirecek iki unsur sağlar.

ÇOKLU EVRENLER

Bu satırlar, elinizdeki kitapta şimdiye kadar ele alınmış her şeyi toparlayarak, tartışmaları memnuniyet verici bir şekilde noktalamaya çalışır. Sicim teorisinin Kozmik Manzarası, daha geniş bir ölçekte kendi içerisinde şişmeyi de kapsayan David Deutsch'un birçok dünya teorisinden ibarettir. Ama toplanması gereken son bir dağınıklık ve Susskind tarafından toparlanmış resme eklenmesi gereken bir parça daha vardır. Bazı insanlar tarafından ciddiye alınan bu yarım kalmış iş, Evrenin bir taklit olduğu fikridir, yani *Matrix* filmi serisindeki karakterlerin dünyasından farklı olmayan bir bilgisayar simülasyonunda olduğumuzu söylemektir. Bilmecenin son parçası ise evrenlerin doğuşunda karadeliklerin rolüdür.

7

TAKLİT Mİ? YOKSA GERÇEK Mİ?

21. yüzyılın başlarında iki ürkütücü fikir, sicim teorisinin Çoklu Evreni bağlamında, etrafımızda gördüğümüz Evrenin ciddi bir açıklaması olarak ortaya çıktı. Birincisi evrenimizin bir bilgisayar simülasyonu olduğuydu; başka bir deyişle, bir taklit olduğuydu. Bu fikir şaşırtıcı sayıdaki kıdemli kozmolog tarafından oldukça ciddiye alınır, ama benim bakış açıma göre açıklayacağım sebepler yüzünden yanılgıya düşüyorlar. İkinci fikir daha az popüler, ama benim görüşüme göre çok daha ilgi uyandırıcıdır. Evrenimizin başka bir evrendeki zeki varlıklar tarafından kasten üretilmiş yapay bir yapı olduğunu söyler. Taklit etmeyle gerçekten yapma arasında büyük bir fark vardır ve kanıt bana göre gerçekten yapmanın çok daha olası olduğunu söyler. Bunlar ilk bakışta bilimden çok felsefi ve dini konular gibi gözükürler. Ama temel aldıkları bilim, yani sicim teorisinin Manzara bilimi yeterince gerçektir. Sonuçlar çok önemli olduğundan, tartışmanın bilimsel temelini açıklığa kavuşturmak için bu konuya değinmeye değerdir.

Bu Bilim Midir?

Çoklu Evren kavramının bir çeşit belirsiz felsefi bir fikir olduğu ve Evrenin ivmesini sürdüren vakum enerjisinin değeri gibi kozmik rastlantılar bilmecesine olan antropik çözümün bir çeşit tekrar veya döngüsel bir görüş olduğuna dair geniş bir izlenim vardır. Raphael Bousso bunun neden konu olmadığını incelikli ve net bir şekilde açıklar. Şimdiki üç basamaklı görüşü ondan ödünç alacağım.

Birincisi, Çoklu Evrenin olup olmamasıdır. Bu bir fikir meselesi veya inanmak istediğiniz bir şey değil, apaçık bilimsel bir sorudur. Bu bilimsel görüşteki önemli nokta, parçacık fiziğinin kurallarının en azından bir "istikrarsız boşluğun" varlığını sağlayıp sağlamadığıdır; bu boş uzayın başka bir durumundan daha fazla enerjiye sahip olan başka bir boş uzay durumudur. Eğer sağlarsa, o zaman er ya da geç bir kuantum dalgalanmasının böyle bir istikrarsız boşluk üreteceği kesindir. Bu istikrarsız boşluk şişmeyi sürdürerek ve kuantum dalgalanmalarının daha da genişleyen, her biri sonsuz hacimdeki baloncuklar üreteceği sonsuz genişleyen bir uzay oluşturarak, daha sonra daha düşük bir enerji seviyesine "yuvarlanacaktır." Fizik yasaları tarafından sağlanan tek bir istikrarsız boşluk durumu olduğu sürece, sınırlı bir uzay hacmine sahip olsanız bile sonsuz bir Çoklu Evren takip edecektir. "Metaevrenin sonsuzca büyük olabileceği ve bizim bölgemizin sonsuz kopyasını kapsayacağı fikri," der Bousso, "basit ve akla yatan bir varsayımdan güvenilir bir şekilde doğan bir şeydir."

İkinci olarak, Çoklu Evren fikrinin çağdaş versiyonu, birçok farklı türde evrenle karmaşık bir Çoklu Evren oluşturarak, bir değil, birçok istikrarsız boşluğu gerektirir. Kozmolojik sabit veya karbon ve oksijenin rezonans değerleri gibi şeyleri antropik görüşleri kullanarak açıklamada büyük yardımı olur. Ama ilk ilkelerden böyle bir Manzaranın nasıl oluşturulacağı belli değildir. Şimdiye kadar sicim teorisi D-zarları ve alanlar ile ilmiklenen çok boyutlu çörekleri içeren tam da böyle bir Manzara oluşturmuştur. "Benim görüşüme göre, esasen parametre seçmede size özgürlük tanımayan sicim teorisinin tam da bu tür bir Manzaranın gerçekleşmesine olanak sağlayan bileşenler

sunabildiğinin ortaya çıkması gerçekten olağanüstüdür. Bunun olması gerekmiyordu, ama oldu."

Son olarak Manzara basitçe bir metafiziksel kavram değil de, fiziğin özel bir teorisinden doğan somut bir model olduğu için, ilke olarak bundan test edilebilir tahminler yapmanın olasılıksız olmasına bir sebep yoktur. Bu kolay olmayacaktır ve Büyük Hadron Çarpıştırıcısının teknolojisi bu tür tahminleri test edecek yeterlilikte olmasa bile Bousso'nun vurguladığı gibi bu "kısıtlamasız" bir durum değildir. Atom ve çekirdeğin davranışıyla ilgili bir benzetme oluşturur. Örneğin fiziğin ilgili teorileri bir atom çekirdeğinde yaklaşık yüzden fazla proton olmasını sağlamaz ve demir oda sıcaklığında gaz halinde bulunmaz. Günlük yaşam standartlarına göre yüksek, ama Büyük Patlama ile karşılaştırıldığında düşük enerjilerdeki maddenin davranışıyla ilgili, sicim teorisinden bu tür geniş kurallar çıkarabilmek için yollar olacağını umar ve bekler. Bu örneğin ilk ilkelerden demir yığınındaki her proton ve her elektron arasındaki etkileşimi hesaplamaya gerek duymadan, demirin elektriksel iletkenliğinin birçok atomun toplu özelliğine bağlı olması gibidir.

Sicim teorisi gerçek bilimdir ve Kozmik Manzara sicim teorisinin bir parçasıdır. Dolayısıyla bu bizi tam olarak nereye bırakır?

İçeriden Bilgi

Bizim dışarıdan görebileceğimiz böyle bir dünya resmi oluşturma yeni bir şey değildir. Canlı oyuncular bile kullanılmadan, animasyon çizgi filmler bunu "Steamboat Willie" ve çağdaşları zamanından beri yapıyordur. Bu simülasyonlar mürekkepli kalemle elle çizilmiş planlardan, gerçek dünyaya çok yakın olan bilgisayar simülasyonlarına gelişmiştir. Holografik teknikler kullanarak, bu simülasyonların üç boyutlu gözükeceği, dolayısıyla izleyenlerin sahneye ya da harekete dalabileceği ve gerçek bir şeyi yaşadıklarını düşünüp kandırılacağı zaman oldukça yakındır. Duyularımızı kandıracak kadar iyi bir dış dünya görüntüsünün simülasyonunu yapmak ile tüm dünyayı ve içinde yaşayan zeki varlıkları düşünme süreçlerini içeren içindeki her

şeyin simülasyonunu bir bilgisayarda yapmak arasında devasa bir fark vardır. Bunun nasıl başarılacağına dair teknik güçlükleri bir kenara bırakırsak, cevaplanması gereken soru, bu şekilde bizimkine benzer bir evrenin simülasyonunu yapmak için gerekli olacak ikili sayı yapısında (bit) ne kadar bilgiye ihtiyaç olduğudur veya başka bir taraftan bakarsak, Evrenimizin ikili sayı cinsinden ne kadar bilgi içerdiğidir.

Kısmen bilginin karadeliklerle etkileştiği kendine özel yol yüzünden (ki bu entropiyle yakından ilgilidir), kısmen de Jacob Bekenstein'in özetlediği şekilde, "nihai teori, alanlarla değil, hatta uzayzamanla bile değil, daha çok bilginin fiziksel süreçler arasındaki değişimiyle alakalı olmalıdır" önermesi yüzünden, bilgi kavramı ve onun Evrenle ilişkisi kozmologların ilgisini çeker. Bu resimde, M-teoriden çıkan sonuçların hiçbirini geçersiz saymasa da, M-teori bile bilgi akışının kabataslak bir sunumu gibi kalır. Bilgi tartışmasında detaylı olarak bakılacak yer burası değildir; ama burada önemli olan bilgiye ve bilgi akışına olan bu ilginin bir evrenin nasıl taklit edilebileceği tartışmasıyla ilgili birçok içerik sağlamış olmasıdır.

Şimdi İsrail'deki Hebrew Üniversitesinde çalışan Bekenstein, ismini 1970'lerde bir kara deliğin entropisi ve sıcaklığı arasındaki ilişki üzerine çalışmasıyla duyurdu. Bu daha sonraları Cambridge Üniversitesinden Stephen Hawking tarafından geliştirildi. Hawking bunun bir karadelik yüzeyinden sabit bir parçacık ve radyasyon akışına nasıl sonuç vereceğini göstermiştir ve bu "Hawking radyasyonu" olarak bilinmeye başlanmıştır. Büyük bir karadelik bu şekilde ışıma yaptığından daha fazla kütle-enerji yutar, dolayısıyla ışımaya rağmen büyür, ama küçük bir karadelik, son bir parçacık yağmuruyla patlamadan önce neredeyse yokluğa doğru küçüldükçe, giderek daha hızlı ışıyarak, enerji kaybeder.

Tüm bunlar bilgi ve Evren hakkında birçok bilmece ortaya koyar. Kara deliğe düşen bir bilgiye ne olur? Uzay gemisi gibi karmaşık bir yapay bilginin karadeliğe girdiğini düşünün. Uzay gemisine ait bilgi yok mu olmuştur? Evrenin entropisine buna karşılık gelecek bir değişim olmuş mudur ya da şimdi uzay gemisinden ötürü bir bileşen içeren kara deliğin entropisini he-

saba katmamız mı gerekir? Uzun bir süre Hawking kara deliğe düşmüş bir bilginin sonsuza kadar kaybolmuş ve geri getirilemeyecek olduğu görüşünün önde gelen savunucularındandı. Ateşli, ama dostça olan tartışmanın diğer tarafında, Leonard Susskind'in dahil olduğu bir grup, bir "bilginin korunumu yasası" olduğunu ve bilginin bir karadelikte gözden kaybolsa bile Evrende kaybolamayacağını söylüyorlardı.

Susskind ve meslektaşları, bilginin bir daha çözülmesi neredeyse imkânsız olacak şekilde karışmış olsa bile kara deliğe düşen bilgi parçalarının dış Evrene Hawking ışıması yoluyla geri döndüğünü düşünüyorlardı. Susskind bunun tıpkı bir deste kâğıdı karıştırmak gibi olduğunu söyler. Tüm takımların sırada olduğu bir deste kâğıtla başlarsanız ve kâğıtlar takımlarda numara sırasında veya başka bir düzende olursa ve daha kesin bir kuralı takip edip karmaşık bir yolla karıştırırsanız, desteyi başladığı pozisyona getirmek için "ters karıştırma" kuralını bilmediğiniz sürece baştaki düzeni geri getirmek imkânsız olsa da, bilgi hâlâ oradadır. Bu durum, destenin rastgele karıştırıldığı ve o yüzden geri döndürmek için herhangi bir kuralın olmadığı durumdan farklıdır. Geri döndürme kuralı olduğu sürece, kuralın ne olduğunu bilmeseniz bile bilgi kaybolmaz.

Bu sonuç genel görelilik teorisi ve kuantum teorisi arasında klasik bir uyuşmazlıktı. Genel görelilik teorisi bilginin deliğe düştüğünü söyler; kuantum teorisi durumu Susskind'in tasviri kelimeleriyle, "sanki mesaj, göndereni ellerinden koparılmıştır ve geri dönüşün olmadığı noktayı geçmeden önce, dışarı çıkan Hawking ışımasına transfer olmuştur" şeklinde söyler. Birçok kuantum ikilemi gibi, bu çatallanmanın çözümü kendi kekinizi alıp yemektir. Zamanın kütleçekim tarafından bozuluş şekli yüzünden, bir nesne kara deliğe düştüğünde ne olduğunu gözleyen dışarıdan herhangi bir kişiye gözükecek şey, olay ufku diye bilinen, geri dönüşü olmayan noktayı geçmeyecek şekilde nesnenin deliğe sürekli yaklaşması, ama daha yavaş hareket etmesi olur. Ufkun hemen dışında, nesne er ya da geç yok edilir ve dışarı giden Hawking ışımasına dönüşür. Ama deliğe düşen herhangi biri, belki de varsayımsal uzay gemisinde giden kişi, böyle bir şey tecrübe etmez. Eğer delik yeteri kadar büyükse, uzay gemi-

si ve yolcusu ufku ve geri dönüşü olmayan noktayı hiçbir şey hissetmeden, tamamen rahat bir şekilde geçer. Yolcu uzay gemisinin etrafındaki dünyayı, kara deliğin içinde bile izleyebilir, ta ki uzay gemisi, yolcu ve her şeyin gelgit kuvveti tarafından parçalara ayrılacağı merkez bölgeye ulaşana kadar.



Olay ufku, Schwarzschild yarıçapı ve tekillik ile karadelik yapısının basit gösterimi.

Tıpkı ışığın hem bir parçacık hem de dalga olduğu görüşünün ikisinin de geçerli olması gibi, Susskind ve Hollandalı fizikçi Gerard 't Hooft 1990'larda her iki görüşün de geçerli olduğunu gösterdi. Bu, kuantum dünyası çalışmalarından fizikçilere tamamen aşina olan, elektron gibi varlıkları hem dalga hem de parçacık olabildiği ve her iki "tamamlayıcı" tanımın da doğru olduğu, tamamlayıcılık denen bir fikrin yapısındadır. Şimdi Hawking bile hatalı olduğunu ve bir nesnenin kara deliğe düştüğünde bilginin kaybolmadığını kabul eder. Susskind'in ortaya koyduğu gibi, "kara deliğin dışındaki birine, ufuk ötesindeki kaşifin hayatındaki olaylar ufkun arkasındadır. Ama bu olay fiziktir, metafizik değil. Hawking ışıması yapısında karışık holografik bir şifreyle dışarıya telgraf gönderilirler... şifrenin [kuralın] kaybolup kaybolmadığı veya onu bilip bilmediğimiz önemli

değildir. Mesaj kartlardadır." Eğer karadelikler, olası gözüktüğü gibi, diğer dünyalara açılan geçitlerse, diğer evrenlerden bu yapıyla gelen karmaşık mesajlar olabilir. Çoklu Evrende, bilgi uzayzamanın bir bölgesinden (bir evrenden) başka birine solucan delikleriyle yer değiştirebilir, dolayısıyla metaevrenin tüm bilgisi asla kaybolmaz.

Karadelikler ve bilgi/entropi arasındaki etkileşmenin incelemesinin meyvelerinden biri, Bekenstein tarafından yapılmış bir kara deliğin toplam bilgi içeriğinin hesaplamasıdır. Bu geri dönüş noktasını gösteren, deliği kaplayan ufkun yüzey alanıyla orantılıdır. Yeterince mantıklı olarak, eğer küçük bir karadelik enerji ve bilgi ışıması yaptıkça daralırsa yüzey alanı küçülür; eğer büyük bir karadelik bilgiyle dolu şeyleri yutarsa büyür ve yüzey alanı genişler.

Eğer bir karadelik olay ufkunun yüzey alanı, her birinin kenarı Planck uzunluğu olacak şekilde karelere bölünürse ve her kare bir bit bilgi içerirse, karelerin toplam sayısı kara deliğin içeriğinden bilginin bir ölçüsü olur. Bir santimetre veya ona yakın genişlikte bir karadelik 10^{66} bit bilgi içerir. Büyük soru ise, Evrenin ne kadar bilgi içerdiği ve bunu olası en verimli şekilde depolayacağınız kara deliğin ne kadar büyük olması gerektiğidir. Bekenstein Evrendeki en az olabilecek bilgi miktarının 10^{100} bite eşdeğer olarak hesaplar ve bu googol olarak bilinen bir sayıdır. Arama motoru Google, daha etkileyici gözükmek için benzer bir kelime kullanır, ama bu kadar bilginin yakınına bile ulaşamaz. Bir bilgiyi googol bit olarak depolamak için, bir ışık yılının onda biri genişliğinde bir kara deliğe ihtiyacınız vardır.

Bilgisayarın büyüklüğünden veya kuantum ilkeleriyle işleyip işlemediğinden bağımsız, Evrenin simülasyonunu çalıştıran bir bilgisayar için gerekli olan hafıza deposunun en az olası büyüklüğü budur. Evrenin büyüklüğüyle karşılaştırıldığında, bu şaşırtıcı derecede küçüktür; ama en sonunda hesaplamalar açık uçludur ve Evrenin içerdiği bilgi miktarı için bilinen daha üst bir limit yoktur. Bu evreni tanımlamak için yeterli bilgiyi saklayabilecek en küçük şeyin Evrenin kendisi olması oldukça olasıdır, ki ben bunun daha da olası olduğuna inanıyorum. Ne de olsa, metaevrendeki baloncuk evrenlerin perspektifinden, Evren

bir *karadeliktir* ve yüzey alanı o an içerdiği bilgi miktarına karşılık gelecek olabilecek en küçük boyuttadır. Bu taklitçilerin işini oldukça zorlaştırır!

Taklitçiler

Taklit evrenin savunucularının kullandığı görüş esasen, prensip itibariyle bir bilgisayarda, gerçek evrenlerdeki programcılar ve belki de kendi simülasyon evrenlerindeki simülasyon programcıları tarafından yapılmış Çoklu Evren boyunca dağılmış birçok simülasyonu olan bir evren simülasyonu yapmanın çok kolay olduğudur. Tıpkı Rus bebekleri gibi, simülasyon içinde simülasyon. Bu nedenle, simülasyonların gerçek yaşanabilir evrenlerden sayıca çok fazla olduğunu ve dolayısıyla istatistiksel olarak bizim bir simülasyonda yaşamamızın gerçek, fiziksel bir evrende yaşamamızdan çok daha olası olduğunu savunurlar. Simülasyonlar sadece, tıpkı Sim World serisindeki bilgisayar oyunları gibi, keyif için veya bir evrenin doğa sabitleri birazcık değiştiğinde nasıl davranacağına yönelik bir bilimsel merakla eğlence için veya insan idrakiyle anlaşılamayacak sebeplerden programlanmış olabilir. Önemli olan yapılmış olduklarıdır.

En düşük gereksinimin, bir ışık yılının onda biri genişliğindeki kara deliğin ufkundan Planck ölçeğinde bilgiye ulaşma yeteneği olurken, neden birinin bizimki gibi bir evren simülasyonunu yapmanın kolay olacağını düşündüğünü merak ediyor olabilirsiniz. Ama her şey "kolay" diyerek ne kastettiğinize bağladır. Bir evrenin simülasyonunu yapmak belki bizim başardığımızdan çok daha ötede bir bilgisayar gücü olan bir süper-medeniyetin varlığını gerektirebilir ve bu kapasitedeki hiçbir medeniyetin Evrenimizde ortaya çıkamayacağı mümkün olabilir. Ama Çoklu Evren, bizimkine benzer, içinde nadir ve acayip olaylar silsilesiyle böyle bir süper-medeniyetin doğduğu evrenler dahil, her tür olası evrene izin verir. Sadece bir Evrende değil, tüm olası evrenlerde böyle medeniyetlerin ortaya çıkmasını engelleyecek bir fizik yasası olmadığı sürece, bu tür süper medeniyetin var olduğu, bizimkine çok benzer evrenler olacaktır. Bunu durduracak herhangi bir yasa hayal etmek oldukça zordur (bana

göre imkânsızdır). Simülasyon görüşünün savunucuları, eğer böyle evrenler nadir olsa bile içerdikleri süper medeniyetlerin çok fazla sayıda simülasyon evren üreteceğini; dolayısıyla taklit evrenlerin karşı konulamaz şekilde gerçek evrenlerden fazla olacağını savunur ki bu durumda, olasılıklı olan bizim bir simülasyon içinde yaşadığımızdır.

Tanıdığım herkesten fazla bilgisayar hakkında bilgi sahibi olan David Deutsch, "hayal" ve "test edilemeyecek komplo teorisi" olarak tanımladığı bu düşüncenin sert bir eleştirmenidir. "Bilişim donanımı açıklayamaz" der ve gerçek dünyada (ki gerçek *olduğuna* ikna olmuştur) buhar makinelerinin olası olduğuna, ama sürekli devinim makinelerinin olası olmadığına vurgu yapar. "Kuantum bilişim teorisi termodinamiğin ikinci yasası hakkında hiçbir şey bilmez: Eğer fiziksel bir sürecin evrensel bir kuantum bilgisayarında simülasyonu yapılırsa, o halde zamanı geri çevirir," ve simülasyon içinde "yaşayan" insanlar sürekli devinim makineleri yapabilirler.

Bu fikir hakkında derinlemesine düşünen bir Cambridge teorisyeni John Barrow farklı bir pürüz ele alır. Eğer bir simülasyonda yaşıyorsak, fizik kurallarında "kusur" yapısında bazı ipuçları olması gerektiğini savunur. Bir süper-medeniyet bile fizik kuralları hakkında her şeyi bilemeyebilir, diye akıl yürütür. Gerçekten, bu simülasyonu çalıştıracak sebeplerden biri bu yasalar hakkında daha fazla şey bilmek olabilir. Dolayısıyla programlamalarında, bizim dünyamızda oluşup, kafa karıştırıcı deney sonuçları üreten boşluk veya hatalar içerebilirler; örneğin gözlemler zaman geçtikçe fizik sabitlerinin yavaşça değiştiğini veya Evrenin bir yerinden başka bir yerine farklı olduğunu gösterebilirdi. Sonunda, *The Infinite Book*'da şöyle söyler:

> [Simülasyonlar] yaratıcılarının yetersizliğinin kurbanı olabilirdi. Hatalar birikebilirdi. Tahmin yerle bir olabilirdi. Dünya mantıksız hale gelebilirdi.

Bu huzursuz bir bakıştır, ama benim uykumu kaçırmazdı. Öncelikle bizimki gibi bir Evrenin, Evrenimizin tamamen aynı büyüklükte kopyasını oluşturmak dışında herhangi bir şekilde simülasyonunun oluşturulacağını düşünmek için herhangi

merak uyandıran bir sebep yoktur. Önceden bahsedilen "baloncuk evren" dışında, tek bir parçacığın bile uzaydaki konumunu belirtmek için gerekli olan bilgi miktarını depolamakta ciddi güçlükler vardır. Konumu kesin olarak belirtmenin, ondalık virgülden sonra sonsuz rakamın takip ettiği π gibi irrasyonel bir sayıyı içerdiği koşullar vardır. Dolayısıyla rakamı ve tam olarak parçacık pozisyonunu belirtmek için sonsuz bir depo uzayına ihtiyacınız olur![1]

Elbette, her bilgisayar programcısı böyle bir durumda ne yapılacağını bilir; bir yaklaşım yaparsınız. Eğer kaba bir cevaba ihtiyacınız varsa, bazı hesaplamalar için π için $^{22}/_{7}$ değerini kullanabilirsiniz. Veya doğru bir cevap için 3,14159 değerini kullanabilirsiniz. π'nin tanımı bir çemberin çevresinin çapına bölünmesidir; eğer mükemmel çizilmiş bir çember üzerine yapılan keskin ölçümler sonucu, bunun ondalık virgülden sonra milyonlarca rakam olduğunu, tekrarlanan bir şekilde bu oranı sunan bu rakamı bulmak veya bir yerde durmak oldukça ilginç olurdu. Bu bizim bir simülasyonda yaşadığımıza çok kuvvetli bir kanıt olurdu.

Ama bu yaklaşım fikri, simülasyon evren fikrine başka bir itiraz doğurur. Neden her şeyin simülasyonu yapılmış olsun? Tüm uzak kuasar ve yıldızın tam çalışma şekillerini simülasyonunu yapmak yerine, diyelim ki neden Dünya'yı detaylıca yapıp Dünya'daki teleskoplara ve detektörlere Evrenin uzaklarından işaret verdiği gözüken foton yapısında taklit bilgi simülasyonu yapılmasın? Tek bir gezegen üstündeki yaşamın evrimi gibi bir şeyle ilgileniyor olsaydınız, bu kesinlikle yeterli olurdu. Mantıksal olarak uç noktaya götürüldüğünde, bu görüş bizi Boltzmann'ın beyni bilmecesine çok benzer bir şeye götürür. Taklitçilerin görüşü, yapması kolay olan şeyin Çoklu Evrende yaygın olacağı varsayımına dayanır. Yaşadığınız her şeyle tutarlı (bu kitabı okumanız dahil) en basit simülasyon, bilinçli kişiliğinizin, size etrafınızda bir dünya yanılsaması veren, bilgiyle beslenen, karmaşık bir makinede çalışan bir bilgisayar programı olduğudur. Bu taklitçiler tarafından tüm bir evrenin veya

1 Bu sorunu daha kapsamlı bir şekilde *Basit Derinlik*'te ele aldım.

tek bir gezegenin simülasyonunu yapmaktan daha kolay olduğu için, tamamen simülasyonu yapılmış evrenlerden daha çok simülasyon "beyinler" olmalıdır, dolayısıyla sizin sırf izole olmuş, ama karmaşık bir bilgisayar programı olmanız Evrenin bir simülasyon veya gerçek bir dünya olarak var olmasından çok daha olasıdır.

Ama bu bile yolun sonu değildir. Tüm bir evreni yaratmanın izole edilmiş Boltzmann beyinlerini yaratmaktan daha kolay olduğu ortaya çıktığından, dolayısıyla değişik sebeplerden, aslında yeni evrenler yapmak, simülasyon evrenler veya hatta simülasyon kişilikler yapmaktan çok daha kolaydır. Doğa bunu karadelikler ortamında sürekli yapar. Evrenlerin savurganlık içinde yayılması birbirini etkilemek için zeki bir medeniyete ihtiyaç duymaz; ama böyle bir zekâ varsa, evrenleri bir bahçıvanın bitkileri geliştirip yayması gibi geliştirip yayabilirdi.

Karadelikler ve Bebek Evrenler

Tekilliğe çöken bir kara deliğin içerisindeki olayların fiziği, tamamen tekillikten genişleyen Büyük Patlama fiziğinin zamanda terse döndürülmüş halidir. İki durumda da, hiçbir fizikçi gerçekten bir tekilliğin olduğuna inanmaz, ama çökme veya genişlemenin matematiksel bir noktada ilerlediği yanılsamasını veren, tekillik diye düşündüğümüz şeye çok yakın bir şeyin olduğuna inanırlar. Bu şey kuantum kütleçekimini, uzayın kendisinin köpüklü bir yapıya sahip olduğu Planck ölçeğindeki olayları içerir.

En mümkün olasılıklardan biri, bir tekilliğe çöken uzayzamanın bir genişlemeye dönecek büzülmeyle, böyle bir tekilliğe azıcık kala kendisine "sekeceğidir." Bu, aynı uzayzamanda bir sekmeden diğerine taşınan entropi yüzünden zorluklar içine giren döngüsel evrenler hakkındaki ilk fikirlerin temeliydi. Bu fikirler aşina olduğumuz üç boyutlu uzay ile bir zaman boyutunda gerçekleşen bir sekme içerir; dolayısıyla çökme üç uzaysal boyutun, genişlemeden sonra aynı üç uzaysal boyutun kısalmasını gerektirir. Böyle bir durumda zaman okuna ne olacağı bilmecesinden oldukça farklı olarak bu, Evrenimizdeki bir kara deliğin içerisinde gerçekleşen üç uzaysal boyuttan kesilip olay

ufku dışına çıkarılmış ve hiçlikte buharlaşmak dışında asla geri dönemeyecek olan şey olamaz. Ama 1980'lerde bazı matematiksel fizikçiler, tekilliğe çöken bir karadelik içindeki maddenin, bir çeşit uzay sargısı boyunca başka bir uzayzaman haline gelmek için genişleyen başka bir boyut dizisine değiştirilebileceği ihtimalini incelemeye başladılar.

Bu yeni uzayzamanı, *her biri* bizim uzayzamanımızdaki dört boyuta dik açılarda olan, üç uzay ve bir zaman olmak üzere, dört boyut cinsinden matematiksel olarak ifade etmek kolaydır. Biraz daha matematiksel bir gayretle tanımlama kompakt boyutların da üstesinden gelmesi için genişletilebilir. Kompaktlaştırmanın "yeni" uzayzamanda farklı sonuçlar verebileceği ihtimali her zaman vardır; ama bizim gibi insanlar için önemli olan, bizimkine benzer uzayzamanların varlığı olduğu için bu, şu an kurcalamak istediğim bir şey değildir. Susskind'in Kozmik Manzara perspektifinden bir karadelik, eğer bu fikir doğruysa, manzaranın bir parçasıyla diğer bir parçasını bağlayan bir tünel olarak düşünülebilir. Her "tekillik", ki bu her karadelik demektir, başka bir uzayzaman boyut dizisine giriş ve muhtemelen Çoklu Evren manzarası içinde kompaktlaşma konusunda diğer bir çeşitlemedir.

Bunu resmetmenin başka bir yolu genişleyen üç boyutlu uzayımızla, sürekli havayla doldurulan bir balonun iki boyutlu yüzeyinin şişmesi arasındaki benzetmeden başlamaktır. Balonun içindeki hacmi unutun ve sadece uzaya eşdeğer olarak balonun derisini düşünün. Bu resimde, bir karadelik balonun yüzeyindeki çimdiklenmiş ve kendi doğrultusunda genişleyen bir kabarcık olarak gösterilebilir. Asıl balonu genişleyen kabarcığa bağlayan küçük bir boğaz vardır ve kabarcık asıl balonun yapısını (asıl uzayzaman) etkilemeden asıl balonun kendisi kadar büyük ya da daha büyük hale gelebilir. Asıl evrenin tüm yaşayanlarının görebileceği bir karadeliktir; ama karadelik, ana evreni yeni bir bebek evrene bağlayan bir çeşit göbek bağının bir ucudur. Yeni evrende, herhangi bir zeki gözlemciye göbek bağının diğer tarafı kendi kütleçekimin negatifliği sayesinde bol miktarda madde ve enerji üretimi ve şişmesiyle beraber Büyük Patlama gibi gözükür.

Elbette bir baloncukta durmaya gerek yoktur. Yeni uzayzaman baloncukları asıl evrendeki karadeliklerin olduğu her yer-

de oluşabilir ve yeni uzayzaman baloncukları yeni evrenlerdeki, yani asıl evrenin doğum yaptığı bebeklerdeki herhangi bir yerde, aynı şekilde oluşabilir. Bu öngörünün en büyük çıkarımı Evrenimizin aynı şekilde, Kozmik Manzaranın başka bir parçasındaki bir tekilliğe çöken bir karadelikten doğmuş olabileceğidir. Evrenimizin uzayzaman boyunca bulunan tünellerle birbirine bağlanmış geniş bir evren dizisinin (tahminen sonsuz) bir bileşeni gibi gözükmesi gerekir.[2]

Şimdi elbette, olası her şey Çoklu Evrenin herhangi bir yerinde olabilir veya olacaktır, dolayısıyla bu anlamda bazılarının bizimkine benzediği, birbirine bağlı bir evren ağının varlığı hakkında herhangi bir gizem yoktur. Ama her şeyin nasıl başladığını ve bizim yaşadığımız evren gibi evrenlerin kozmik rastlantılar için yapılan antropik açıklamaları geçerli kılacak kadar yeterli derecede yaygın olup olmadığını öğrenmek güzel olurdu. Bunun hakkında çok derin düşünen kişi, boş zamanında kuantum döngüsel kütleçekimi hakkında zihnini yoran Lee Smolin'dir. 1990'ların başlarında daha sonra *The Life of the Cosmos* kitabında ayrıntılı işlediği, Dünya'daki yaşamda işleyen evrime benzer bir evrim sürecinin, Planck ölçeğinde olası en küçük kuantum dalgalanmalarından başlayarak bizimki gibi evrenlerin çoğalmasını sağladığı fikrini geliştirdi. Evrimin iki esas özelliği, bireylerin, ailelerin özelliklerine benzer, ama özdeş olmayan özelliklere sahip döller üretmesi ve bu döllerin yeniden kendi devirlerinde üremedeki başarısının kendi özellik dizisine bağlı olmasıdır. Dolayısıyla başarılı bir yeniden üretimi sağlayan özellikler yayılmaya eğilimlidir. Smolin bunun Dünya üzerindeki yaşam kadar evrenlere de uygulanabileceğini söyler.

Evrenlerin Doğal Seçilimi

Smolin'in ana fikri bir uzayzamandaki bir karadelik çöktüğü ve başka bir uzayzamana tünel oluşturduğu zaman, "yeni" uzayzamanın, kütleçekimin gücü ve diğer doğa sabitlerinin değerleri

2 Bu sonsuz ağın kendisi tahminen Kozmik Manzarada bulunan böyle sonsuz sayıdaki ağın bir parçasıdır.

gibi fiziksel özelliklerinin çok değil ama oldukça, ana evrendekine benzer olacağıdır.[3] Bu tıpkı DNA'daki küçük mutasyonların bir yavru hayvan veya bitki geninin ailesinin geniyle çok değilse de, oldukça benzer olması anlamına geldiği gibidir. Böyle bir durum göstererek, doğa sabitlerinin karadeliklerin oluşmasını sağlayacak değerlere sahip olduğu evrenlerin, diğer evrenlerden daha yaygın olacağını, çünkü onların çok fazla nesli olacağını ve bu nesillerin de aynı zamanda karadeliklerin oluşmasını destekleyecek özelliklere sahip olacağını savunur. Antropik kozmolojide kullanılanlara benzer bu görüşler, Evrenimizin yaşama uygun bir ev olduğu için *değil, karadelik oluşturmada iyi olduğu* için Çoklu Evrendeki tüm olası evrenler arasından seçildiğini ima eder. Karadelikler için iyi olan şeyin, aynı zamanda bizim gibi yaşam formları için de iyi olması sadece bir rastlantıdır. Smolin'in sözleriyle:

> Basit parçacık fiziğinin standart modelindeki parametreler bizim olmasını bulduğumuz değerlere sahiptir, çünkü bunlar karadeliklerin üretimini diğer seçeneklerden çok daha olası yapar.

Ama bir nesilden diğerine bizimki gibi evrenleri karşı konulamaz şekilde yaygın yapan özelliklerdeki küçük değişimdir.

Smolin bunun nasıl olduğunu, manzara fikrinin bir versiyonunu kullanarak açıklar. Susskind'in fikri kimyadan aldığı gibi, Smolin de onu evrimsel biyolojiden alır; aslında, Smolin 1990'larda, Susskind'in kendi bağımsız versiyonuyla ortaya çıkmasından birkaç yıl önce, kozmolojik bağlamda bu fikri kullanıyordu. Smolin'in manzarası, tepelerle noktalanmış az çok düz bir ova gibi hayal edilir. Manzaradaki bir nokta, bir evrenin özelliklerini, özellikle karadelik oluşturmadaki yeteneğini tayin eden parametreler için bir dizi özel değere karşılık gelir. Ovanın düz parçasında farklı detaylı özelliklere sahip, ama ortak olan bir şeye de sahip evrenler bulunur; bunların her biri, kuantum kabarcıklarından doğup neredeyse hemen çöken, sadece

3 Fizik parametrelerini 'yeniden işleme' fikri aslında, 1970'lerde tek bir 'seken' evren bağlamında John Wheeler'ın çalışmasına kadar eskiye gider. Bu arada karadeliklere, çarpıcı isimlerini veren Wheeler'ın kendisidir.

bir karadelik oluşturur. Küçük tepeler, yeterince uzun yaşayan, birkaç karadelik ve bu yüzden birkaç döl oluşturmaya müsait özellikler bulunduran evrenlere karşılık gelir. Yüksek dağlar ise evrenlerin birçok karadelik ve birçok döl oluşturmaya müsait özelliklere sahip olan evrenlerin olduğu Çoklu Evren bölgelerine karşılık gelir.

Kozmik manzara konusu üzerine tüm çeşitlemelerde görüldüğü gibi önemli bir nokta, manzaradaki her noktada birden fazla evrenin olabileceğidir. Manzaranın biyolojik karşılığı, örneğin bir nokta, bir zebranın özelliklerine (veya genine) karşılık gelebilirdi; ama bu aile özelliklerini paylaşan birçok zebra olabilirdi. Manzara biyolojiye o kadar aşina bir fikirdir ki, Richard Dawkins en iyi kitaplarının birinin başlığında, *Climbing Mount Improbable*'da [Olasılıksızlık Dağına Tırmanmak] kullanmıştır. "Mount Improbable" evrimsel manzarada, göz gibi karmaşık bir biyolojik sistemin özelliklerine karşılık gelen yüksek bir zirvedir. Doğal seçilim ile evrim fikrine gelen yaygın bir eleştiri genellikle "Yarım bir gözün işlevi nedir?" şeklinde özetlenebilecek bir cehalet durumundan gelir. Başka bir deyişle, göz gibi karmaşık bir organ nasıl olur da doğal seçilim evriminin gerektirdiği gibi küçük aşamalar dizisiyle evrimleşir sorusudur. Hazır cevap, yarım gözün bir avcı tarafından tehdit edilirken aslında çok faydalı olabileceği ve kesinlikle hiç olmamasından daha iyi olacağıdır. Uzun cevap, derideki ışığa duyarlı hücrelerin bir parçasından başlayarak, gözlerin adım adım nasıl evrimleştiği, *Climbing Mount Improbable*'da anlatılmıştır. Bu manzaranın tam olarak ne olduğunun klasik bir örneğidir; bir dağın tepesine tek bir sıçrayışta değil, tepeye giden uzun ve ılımlı bir yolu takip ederek gidersiniz. Eğer bir dağın tepesinde bir kişiyi görürseniz, onların oraya büyü veya Tanrı'nın mucizevi bir müdahalesiyle geldiğini değil, adım adım tırmanarak geldiklerini varsayarsınız. Gözler çok değerlidir, o kadar ki bu dağın tepesine çıkan kırk farklı yolu takip ederek, en az kırk farklı zamanda evrimleşmişlerdir. Eğer Smolin haklıysa, etrafımızdaki Evrenin karmaşıklığı basit bir kuantum dalgalanmasından, adım adım ilerleyen benzer bir süreçten ortaya çıkmıştır.

Smolin tarafından verilen basit bir örnekte, bizden sadece iki olasılık olduğunu hayal etmemiz istenir; bir evrenin ya bir

döl ya da tam olarak on nesil bıraktığı iki durum. Eğer manzaradaki herhangi bir yerde rastgele seçilmiş tek bir evrenle başlarsak, bunun ovanın üstünde sadece bir dölü olan çeşitten olması oldukça yüksek ihtimaldir. Döl, ebeveynleri gibi başka bir döl oluşturmadan ve yok olmadan önce kısa bir süreliğine var olur, ama önemli olan her neslin bir öncekinden biraz daha farklı özelliklere sahip olduğudur. Bu ova boyunca dolaşıp bir yol oluşturan ardıl evrenlerin eşdeğeridir. Sonunda, on nesle sahip evrenlere karşılık gelen küçük bir tepenin hemen yanına konabilecek özelliklere sahip bir evren üretilir. Bir küçük "mutasyon" daha onu tepeye çıkartır ve zincirdeki bir sonraki evren de on nesle sahip olur. Bu evrenlerin bazıları onları tekrar ovaya döndürecek mutasyonlar yaşayabilirler, ama tepenin üstünde kalan bir sonraki neslin her üyesi de on nesle sahip olacaktır. Ortaya çıkan sonuç, ovadaki tek nesil evren sayısını çok rahat geçen, bu on-nesil tepesine ve manzaradaki diğer tüm on nesil tepelerine yerleşen çok fazla sayıda evreni üreten üssel bir büyümedir.

Daha gerçekçi bir manzarada, on nesil tepesi Dawkins'in Olasılıksızlık Dağına eşdeğer, bizimki gibi evrenlerin tepede olduğu çok daha büyük bir dağın sadece eteklerinde bulunur. Bu şekilde Smolin bu görüşü daha karmaşık evrenlere genişleterek, eğer kozmik manzaranın barınak olmayan parçasındaki tek bir kuantum dalgalanmasıyla başlarsanız, karadelik yapmada iyi olmaya evrilmiş bir evren bolluğuyla sonlanacağınız sonucunu çıkartır ve elbette, manzarada sadece bir kuantum dalgalanması olacağını düşünmek için sebep yoktur.

Bu onu, Çoklu Evrende rastgele seçilmiş herhangi bir evrenin yaygın türden biri olması gerektiği temelinde, Evrenimizdeki fizik yasalarının karadeliklerin oluşumunu sağlayan optimum değerlere yakın olduğunu ve "fizik yasalarındaki parametrelerin değişimlerinin çoğunun karadeliklerin evrenimizde üretilme hızını azaltacağını" önermeye götürür. Bu hâlâ şiddetli bir tartışmanın konusu olan bir iddiadır, ama Smolin'in görüşünü destekleyecek bir örnek verebilirim, ki bu aynı zamanda onun önerisini, hayatın karadelik oluşumunun bir yan ürünü olduğunu açıklığa kavuşturur. Bu içlerindeki en ünlü kozmik rast-

lantıyı, karbon çekirdeğinin doğasıyla ilgili Hoyle'un antropik öngörüsünü içerir.

Yeni Bir Perspektif

Bugün Evrende, can çekişen yıldızlarda karadelikler yüksek sayılarda üretilmektedir. Her yıldız hayatını bir karadelik olarak bitirmez, (bu Smolin'in tartışma konusunun özelliklerinden biridir), ama astronomlar bugün Evrende görünen her on bin yıldızda önceki yıldız neslinde üretilmiş en az bir karadelik olduğunu hesap ediyor. Dolayısıyla birkaç yüz milyar yıldız içeren Samanyolu gibi bir galakside, yıldızlar hayat döngülerini bitirdikçe daha çok üretilecek en azından on milyon karadelik vardır. Görünen Evrendeki Samanyolu gibi en az yüz milyar galaksi olduğuna göre, bu tutucu bir hesapla Evrende 10^{18} ile 10^{19} arası karadelik olduğu anlamına gelir ve bunlar eğer Smolin haklıysa, her biri başka bir Evrene bağlanan göbek bağlarının uçlarını oluştururlar. Tüm bu karadelik ve bebek evrenleri yapmak için, ilk önce yıldızlar yapmanız gerekir ve bu noktada karbon çok önemlidir.

Uzaydaki bir gaz ve toz bulutu, yıldız oluşumunun ilk aşamasında kendi ağırlığına çökmeye başladığında, kütleçekimsel enerji serbest kalıp ısınır ve ısı bulutu çökmesini engellemeye meyilli bir basınç oluşturur. Evrende Büyük Patlamadan hemen sonra ilk oluşan yıldızlar, sadece kara madde çerçevesinde oluşan hidrojen ve helyum içeren bulutlardan oluşurlar; bunlar çok büyük olmalıdırlar, çünkü sadece devasa bulutlar bu ısınmaya karşın da çökebilirler. Ama bu ilk yıldız neslinde ve sonraki nesillerde daha ağır elementler oluşturulmuştur ve bunun sonucu olarak yıldız oluşumu çok daha kolay bir hale gelmiştir. Bugün yeni yıldızların oluştuğu bulutlar, bol miktarda hidrojen ve helyumla, karbon monoksit gibi bulutun kalbindeki ısıyı soğurma ve uzay içine kaçabilecek kızılaltı dalga boyunda geri ışımasını sağlamada iyi, organik moleküllerin kalıntılarını içerirler. Bu bulutlar aynı zamanda, diğer yıldızları çökmeden önce buharlaştırabilecek en yakın yıldızların sıcaklığından bulutların kalbini koruyan karbon atomları etrafına duvar yapmış, yaklaşık

sigara dumanındaki parçacıklar kadar önemli miktarda madde tanecikleri içerir.

Detaya girmeden, yıldızlar arası gaz bulutlarının çöküşüne yardım etmede önemli bir rol oynayan karbon, yıldız oluşumu sürecinde anahtar bileşendir. Bu demektir ki, karbon oluşturmayı zorlaştıracak doğa sabitlerindeki herhangi bir değişim çok daha az yıldız ve çok daha az karadelik içeren bir evrenle sonuçlanabilir. Fred Hoyle'un dikkat çektiği karbon rezonansı hâlâ açıklanması gereken bir kozmik rastlantı örneği olarak durmaktadır; ama Smolin'in önerdiği açıklama karbonun oluşumunun kolay olduğu evrenlerin, karadelikler ve bebek evrenler oluşumunu desteklediği için kozmik manzara içerisinden seçilecek olduğudur. Varlığımızın bununla hiçbir ilgisi yoktur.

Smolin aynı zamanda, karadeliklerin çok daha az yaygın olduğu bir evrene yol açacak fizik parametrelerini değiştirmek için birçok yol olduğunu göstererek, aynı perspektiften diğer kozmik rastlantılar bilmecesinin üstesinden gelir. Bunlar antropik kozmolojinin savunucuları tarafından, içinde yaşadığımız Evrenin kozmik manzarada varlığımız tarafından seçildiği, çünkü eğer bu rastlantılar olmasaydı, bizim onları fark etmek için var olmamış olacağımızı savunmak için kullanılan aynı rastlantılardır. Ama Smolin'in perspektifinden bizimki gibi bir yaşam sadece yıldız ve karadelik oluşumunun bir yan ürünüdür ve karadelikler için iyi olan bir şeyin, örneğin karbonun, yaşam için de iyi olması özgün bir rastlantıdır.[4]

Smolin aynı zamanda kozmik manzara ile yaşamın molekülü olan DNA tarafında şifrelenen eğilim manzarası arasındaki benzerliğe dikkat çekmiştir. DNA Dünya'daki tüm yaşam türlerini şifreleyebilir, ama aynı zamanda şu an var olmayan birçok yaşam türünü de şifreleyebilir. Bir çeşit DNA manzarası ve "tüm olası DNA zinciri ve onların olası tüm toplamlarının olasılıklarının zamandan bağımsız var olduğu söylenebilir." Bu, sicim teorisi tarafından kozmik manzarada zamandan bağımsız var

4 'Rastlantı' çok doğru bir kelime değildir çünkü eğer Smolin haklıysa o zaman yaşam, karadeliklerin oluşumuna destek veren koşullardan yararlanan bir parazit gibi evrimleşmiştir. Her iki şekilde de, önemli olan karadeliklerdir.

olmasına izin verilen tüm olası evrenler grubundaki duruma benzer. "İşte o zaman," der Smolin, "doğal seçilimin yenilik yaratmadığı, sadece her zaman var olan bir olasılık listesinden seçim yaptığı savunulabilir."[5]

"Yaşam için mücadele" ve Dünya'daki yaşam formlarını ayıklayıp "sağlıklı olanın kazanması" durumuna yönelten kaynak için yarışma gibi fikirlere aşinaysanız, Dünya'daki yaşam formları arasında işleyen doğal seçilim ile kozmik manzaradaki evren formları arasında işleyen doğal seçilim arasındaki benzerlikler, düşündüğünüzden daha yakındır. Mücadele bir türün ekolojik bölgesine yerleşmesinde oldukça önemlidir, ama yeni yaşam formlarının yeni bölgeler keşfetmesini sağlayan şey değişimdir. Temel aşamada önemli olan şey, bir bireyin bıraktığı döl sayısıdır veya daha teknik olarak, organizmaların hayatta kalma oranındaki değişimdir.[6] Kaynak için yarışma ve yaşam için mücadele Dünya üzerindeki yaşamların hayatta kalma oranındaki değişimini tayin etmede önemlidir, ama bu onların tüm hikâye için hatta evrim için esas oldukları anlamına gelmez. Esas olan *değişimdir*. Bir nesilden ötekine küçük değişiklikler olduğu ve sonraki nesillerdeki yeniden üretim oranı genetik malzemeyle (Dünya'daki yaşam için) veya fizik parametreleriyle (evrenler için) alakalı olduğu sürece, evrim diğerlerinden çok daha fazla sayıda değişim ve çeşitleme üretecektir. Smolin bunu düzgünce şöyle açıklar:

> Evrimin popüler tarifleri genellikle rekabeti vurgularken, türlerin yaşamak için ürettiği farklı yolların çokluğuna bakarak, evrimin önemli özelliği daha çok, farklı türler arasındaki gerçek rekabeti *en aza* indirmek için yaşamın yeni yollarını keşfetmeye yönelik ilerleme kabiliyeti olabilir gibi gözüküyor.[7]

---

5 Sadece, Smolin'in bu görüşten özellikle hoşlanmadığını göstermek adil olur; ama ben hoşlanıyorum!

6 Kabaca konuşmak gerekirse, bu takip eden birçok nesildeki hayatta kalma oranıdır; yeniden yeni üretim yapmadan hepsinin öleceği birçok döle sahip olmak iyi değildir. Ama evrimsel biyologlar 'döl' terimini hepsini kapsayacak şekilde kullanır.

7 Kendi vurgum.

Benim buna bakış açım, görünüşe göre evrimin doruk noktası olan insanlığın aslında uzun bir kaybedenler yolundan geldiğidir. Balık olmada iyi olan bir balık suda kalmıştır, oysa balık olmada başarılı olamayan bir balık, havayı soluma ve karada gitme kabiliyetine evrimleşmek zorunda kalmıştır; amfibi olmada başarılı olan amfibiler su yakınında kalmıştır, oysa amfibi olmada kötü olan amfibiler ilintili olduklarıyla rekabete girmektense, sudan uzaklaşma ve denizden uzak bir yaşam bulma kabiliyetine evrimleşmişlerdir. Daha ileriki süreçte, ağaçta yaşamakta başarılı olan kuyruksuz maymun benzeri yaratıklar ağaçta kalmışlardır, oysa başarısız ağaç sakinleri Afrika'nın ovalarında bir yaşam sürmelerini sağlayacak değişik bir yaşam tarzına evrilip gelişmişlerdir. En sağlıklı olanın yaşamını sürdürmesi açısından, Dünya'daki en başarılı yaşam formu, en iyi hayatta kalma olanağına sahip olandır; basit bakteri dört milyar yıldan, neredeyse Büyük Patlamadan bu yana geçen zamanın üçte birinden bu yana esasen değişmemiştir; ama DNA manzarasının yeni parçalarını keşfetmek, belli bir bölgede yaşama iyice uygun hale gelmiş olmak için olduğu kadar, evrim için de önemlidir.

Evrenler için doğal seçilim fikri, insan yaşamını da kapsayan yaşamı hikâyenin merkezinden alır ve kendi bakış açımızdan çok, varlığımız üzerine daha iç karartıcı bir bakış açısı sunar; yaşamın, karadeliklerin çoğalmasını sağlamak için evrimleşmiş bir Evrenden faydalanan parazitlerden fazlası olmadığını söyler. Eğer bu şekilde hissediyorsanız, Smolin'in fikrinin asla yaygın olarak kabul edilmemesi düşüncesine karşı bizim evrenimizden daha verimli olan karadelik üretiminin olduğu evrenleri hayal etmenin mümkün olabileceği hakkında kabul görmüş fikirler olmasıyla teselli bulabilirsiniz. Smolin'in düşünme şekliyle bu, ortaya çıkardığı tüm sorunlarıyla manzaranın oldukça narin bir parçasında yaşadığımız anlamına gelir. Tartışma sonuçtan çok uzaktadır ve sorun herhangi bir şekilde halledilmemiştir. Ama tartışmanın detaylarına girmeme gerek yok, çünkü Smolin'in taslağı, yaşamı ve hatta olası olarak insan yaşamını görünür bir şekilde her şeyin ortasına koyan başka bir fikri harekete geçirmiştir.

Doğal seçilim milyarlarca yıldır Dünya'daki yaşam çeşitliliği arasında işlemiş olmasına rağmen, son birkaç bin yılda insanlar kendi istekleri doğrultusunda kendi bireysel seçimlerini yapıyorlardır, ki bu yüzden neden bahsettiğini açıkça anlatmak için Charles Darwin "doğal" seçilim terimini kullanmıştır. Sonraki nesillerde istediğimiz bireyleri seçerek kendi amaçlarımız için daha iyi ekin ve daha iyi hayvan ürettik. Buğday yaban otlardan geliştirilmiştir; daha çok miktarda süt sağlayan inekler vahşi sığırlardan; bütün köpek çeşitleri ise kurttan türetilmiştir. Genetik manzarada olduğu gibi, köpeklerin tüm çeşitleri tamamen kurt DNA'sı içerisinde şifrelenmiştir ve bir tür hayvan diğerinden diğeri DNA manzarası boyunca bir yolu takip etmek istediğimiz özellikleri olan hayvanları yetiştirerek seçilimin geleneksel metotlarıyla didiklenmiş veya araştırılmıştır.

Bugün, genetik malzeme hakkında o kadar çok şey biliyoruz ki, bir yol boyunca olan her noktayı takip etmeksizin DNA manzarasının bir parçasından diğerine atlayarak, değiştirilmiş çeşitler üretmek için DNA'yla doğrudan oynamak mümkündür. Burada hatta tasarımcı bebekler söz konusudur; kendi çocuklarımızı "geliştirmek" için teknoloji zaten vardır ve konu istek uyandırıcılık veya başka bir deyişle, bu kabiliyeti kullanmak hakkındadır. Bizimkinden biraz daha gelişmiş medeniyet evrenler için aynı şey yapabilir mi? Evrenlerin doğal-seçilimi yerine veya onun gibi, tasarımcı evrenler yaratan yapay bir seçilim olabilir mi ve biz bunlardan birinde yaşıyor olabilir miyiz? Tanrı evrenlerin bahçıvanı olabilir mi? Cevap baskın bir şekilde "evet"tir, çünkü karadelikleri yapmak çok kolaydır. Doğanın bu işi yapmak için bir yıldıza ihtiyacı olabilir, ama bizimkinden biraz daha fazla gelişmiş bir teknoloji burada, Dünya üzerinde bunu yapabilirdi. Aslında LHC gibi bir çarpıştırıcıda şans eseri karadelikler üretebileceği konusu öne sürülmüştür, ki bu fikir son zamanlardaki "pozitif bilim" hakkındaki en iyi bilimkurgu hikâyelerinden birinin dayanağını oluşturur.[8]

8 Gregory Benford'in *Cosm* kitabı.

Evrenleri Yapanlar

Eğer yeteri kadar sıkıştırılırsa, her şey bir kara deliğe dönüştürülebilir. Her kütle için, Schwarzschild çapı denen kritik bir çap vardır ve bu çap ilişkili kütleyle oluşturulacak bir kara deliğin çapıdır. Güneşin kütlesi için, Schwarzschild çapı yaklaşık 3 kilometredir ki, bu eğer Güneş 3 km genişliğinde bir küreye sıkıştırılırsa, görüşümüzden çıkarak, içindeki her şeyin bir tekilliğe veya başka bir evrene giden bir kuantum tüneline battığı bir kara deliğe dönüşeceği anlamına gelir. Eğer küçük bir galaksiye karşılık gelen bir milyon Güneş kadar fazla kütleyi alırsanız, karadelik haline gelmesi için sadece 3 milyon km'lik çapta olan bir küre içine koymanız gerekirdi. Ama Dünya bile eğer sadece 1 santimetre çapındaki bir küreye sıkıştırılmış olsaydı, kara deliğe dönüşürdü. Bir kara deliğin çapı kütlesiyle doğru orantılıdır. LHC gibi parçacık hızlandırıcılarda çarpışan parçacık demetlerinde, küçücük kütleler küçük bir hacimde sıkıştırılarak toplanır. Olası olarak, küçücük karadelikler oluşturacak kadar sıkıştırılıyor olabilirler. Fakat kütleçekimin negatifliği yüzünden, kara deliğin ne kadar küçük olduğu önemli değildir. Hâlâ kendi boyutlarında bizimki gibi büyük bir tam evren haline gelmek için şişme ve genişleme potansiyeline sahiptir.

Bu fikri detaylıca araştıranlardan biri, şişme teorisinin babası olan Alan Guth'dır. 20. yüzyılın sonlarında MIT'deki meslektaşlarıyla çalışarak, "laboratuarda evrenlerin yaratımı" olarak bahsettiği şeyin teknik ayrıntılarını buldu; bu fikirler *The Inflationary Universe* kitabının sonlarına yakın ele alınmıştır. Vardığı sonuç, fizik yasalarının ilkesel olarak yeterli teknolojik gelişime sahip bir medeniyetin, bu şekilde bir evren veya birden fazla evren yaratabileceğiydi; Guth birazcık alaylı bir şekilde "gerisi sırf mühendislik meselesidir" der. Fikrin daha iyileştirilmiş bir halinde, bu şekilde oluşmuş herhangi küçücük bir kara deliğin, bebek evrenle göbek bağını kopartarak Hawking ışıması süreciyle hızlıca buharlaşacağı ve Evrenimizden yok olacağı mümkün gözükür.

1990'ların ortasında, Massachusetts Üniversitesinde çalışan bir kozmolog olan Ted Harrison, Smolin'in evrenlerin doğal seçilimi fikrinin öğeleriyle Guth'ın laboratuarda evren yaratma

fikrinin öğelerini, evrenlerin yapay seçilimine bir senaryo oluşturmak için birleştirdi.[9] Burası bu konu hakkındaki spekülasyonların uzun tarihinin bittiği (şimdilik) noktadır. 1584'de Giordano Bruno şunları söyleyerek resmi Kiliseyi öfkelendirmiştir: "Tanrı'nın üstünlüğü ve krallığının büyüklüğü bir adet değil, sayısızca güneşte [eğer böyleyse] yüceltilmiştir; tek bir dünyada değil, binlercesinde ve bana kalırsa sonsuz sayıda dünyada onurlandırılmıştır." 1779'da filozof David Hume, Tanrı'nın ilk seferde başarılı olamamış olabileceğini ve bir diğeri ardına başka bir evrenin "bu sistem yola koyulmadan önce sonsuzluğun herhangi bir yerinde yüzüne gözüne bulaştırıldığını" önererek biraz daha masum bir suç işlemiştir; "birçok emek boşa gitmiş, birçok boşa çıkan deneme yapılmıştır ve yavaş, ama devamlı bir geliştirme, dünya yaratma sanatının sonsuz çağları boyunca tamamlanmıştır." Hume'un fikrini onaylayan Harrison sorar; neden bu süreç bizim Evrenimizde dursun? Sürecin bir parçası olarak Tanrı'yı çağırıp çağırmasanız bile neden bizim yaşadığımızdan belki de daha uygun, çok daha mükemmel evrenler yaratmak için süreç devam etmesin?

Olaf Stapledon böyle bir süreci Star Maker isimli, ilk olarak 1937'de yayımlanan erken bilim kurgularından birinde tanımlamıştır. Düş kuran karakteri Yıldız Yapıcısını iş başında izler:

> Yorgun ve bitkin dikkatim, gittikçe artan bir şekilde, rüyama göre Yıldız Yaratıcısının tasarladığı zarif yaradılışları takip etmeye boş yere zorlanıyor. Onun coşkun hayal gücünden çıkmış, her biri ayırt edilebilen bir ruha sahip kozmos arkası kozmos sonsuzca çeşitlendirilmiş, her birindeki en üst beceriklilik sonuncusundan daha çok canlanmıştır; ama her biri bana daha az ayırt edilebilir geliyor... Son kozmosun yapısı hakkında bir şey yakalayabilmek için zayıf zekâmı zorladım. Hayranlık ve tepkiyle karışmış bir ruh haliyle, kesik kesik dünyanın, vücudun, ruhun, en çeşitlilerin topluluğunun ve tamamen kendini tanımaya ve ortak anlayışa canlanan bireylerin son inceliklerini, bir an için gördüm.

9 Kafa karıştırıcı bir şekilde, Harrison buna 'evrenlerin doğal seçilimi' der. Ama Smolin'in aynı isimle kastettiği şeyin aynısını ifade etmez.

Yıldız Yapıcısını evrenlerinden birinde:

> Ne zaman bir yaratık birkaç olası yolla karşılaşsa, bu yolla birçok farklı geçici boyut ve farklı kozmos tarihleri yaratarak hepsini alıyordu. Kozmosun her evrimsel dizisinde birçok yaratık olduğu ve her biri sürekli birçok olası yolla karşılaştığı için, tüm yolların kombinasyonu sayılandırılamazdı, kozmostaki her geçici dizinin her anından pul pul dökülen sonsuz sayıda farklı evrenlerdi.

İşte Hugh Everett'in versiyonundan yirmi yıl önce, herkesin kabul edeceği gibi herhangi bir bilimsel desteği olmadan birçok dünya fikri![10]

Dolayısıyla; bir Yıldız Yapıcısı mı vardı? Bir tasarımcı evreninde mi yaşıyoruz?

Tasarımcı Evrenlerindeki Evrim

Evren hakkındaki bir kitapta "zekâ" ve "tasarı" kelimelerini aynı cümlede kullanmakta biraz sorun vardır. Bu sorun, çoğunlukla Amerika Birleşik Devletleri'nde yaşayan, Charles Darwin ve Alfred Russel Wallace tarafından evrimin nasıl işlediğini açıklamak için ortaya konan doğal seçilim teorisi bir yana, evrim gerçeğini kabul etmeyip, bağırıp çağıran bir insan topluluğunun olmasıdır. İncil'e kelimesi kelimesine (veya en azından, inanmaları için işlerine gelecek İncil bölümlerine) ve her türün Tanrı tarafından yaratıldığına veya tasarlandığına inanırlar. Bu fikre "Akıllı Tasarım" veya ID* derler. Dolayısıyla herhangi bir karışıklığı önlemek için, tasarımcı evrenleri veya Evrenimizin Çoklu Evrenin başka bir parçasındaki teknolojik olarak gelişmiş bir medeniyetin üyesi veya üyeleri tarafından kasten yapıldığını ima ettiğimde, bunun benim anlatmak istediğim şey *olmadığını* belirtmek zorundayım. Böyle bir tasarımcı Büyük Patlamadan sorumlu olabilir; ama bu yine de gezegenimizi ve üzerindeki yaşamı doğal seçilim yoluyla evrimin ve diğer tüm süreçlerin (Büyük Patlamadan beri, dış müdahale gerekmeksizin) Evrenimizde işlediği anlamına gelir.

---

10 Benzer bir fikir Jorge Luis Borges'in 'Yolları Çatallanan Bahçe' hikâyesinde gözükür.

* İngilizcedeki karşılığı olan Intelligent Design'ın kısaltması –çn.

Evrim bir gerçektir, tıpkı elmanın ağaçtan düştüğü gerçeği gibi. Bu Darwin'in zamanında bile iyi bilinen bir şeydi; aslında, büyükbabası Erasmus Darwin, Charles Darwin daha doğmamışken evrim gerçeği hakkında kafa yormuş ve sebebini göstermek için bir mekanizma bulmaya çalışmış ilk düşünürlerden biriydi. Bunun sebebini gösteren mekanizma, tropik bölgede yaşamın yaygınlaşması ve "hayatta kalma mücadelesi" üzerine çalışan Darwin ve Wallace tarafından, birbirinden bağımsız bir şekilde ortaya konan doğal seçilimdir. Doğal seçilim, evrim gerçeğini açıklayan teoridir, tıpkı genel göreliliğin kütleçekim gerçeğini açıklaması gibi; diğerleri arasında, elmanın ağaçtan düşmesinin açıklamasıdır.

Fizikçiler "kütleçekim teorisi" dediklerinde, kütleçekim gerçeğini açıklayan Einstein'ın teorisini kastederler; biyologlar "evrim teorisi" dediklerinde, evrim gerçeğini açıklayan Darwin-Wallace teorisini kastederler.

Bu terminoloji, bilimsel çabanın başka önemli bir özelliğinin altını çizer. ID'nin savunucuları gibi evrim fikrini eleştiren insanlar, bunu genellikle "sadece bir teori" olması temelinden yaparlar. Teorinin evrim değil, doğal seçilim olduğu gerçeğini bir kenara bırakırsak, önemli olan "teori" kelimesini günlük hayattaki kullanımı ile bilimsel bağlamda kullanımı arasındaki farktan kafalarının karışmış olmasıdır. Günlük dilde, yeterince düşünülmemiş bir fikir "sadece bir teori" olarak tanımlanabilir; kardeşim çaya süt koymanın doğru yolunun ilk önce sütü dökmek olduğunu söyler, ama bu sadece onun teorisidir ve benim kendi fikrimin olmasına hakkım vardır. Bilimde teori, üzerinde tamamen düşünülmüş, deney ve gözlemde test edilmiş ve bu testleri geçen bir fikirdir.

Bir testi geçemese bile başarılı bir teoriden tamamen vazgeçilmesine gerek yoktur, çünkü yerini alan herhangi yeni bir teori, yeni testler kadar eski teorinin geçtiği bütün testleri geçmek zorundadır. Bu açıdan, Newton'un kütleçekim teorisi, Einstein'ın kütleçekim teorisi ortaya çıktığında geçersiz hale gelmemiştir. Newton'un teorisi hâlâ elmaların ağaçtan düşme şeklini açıklamada oldukça başarılıdır; Einstein'ın teorisi de bunu açıklar, ama ek olarak, örneğin Newton'un teorisinin açıklayamayacağı

Merkür gezegeninin yörüngesini detaylı bir şekilde açıklar. Aynı şekilde, Darwin-Wallace teorisi, DNA'nın faaliyetlerini anlamadaki gelişmeyle aynı önemde inceleştirilip geliştirilmiştir, ama bu 19. yüzyılda ortaya koydukları temel gerçeği geçersiz kılmaz.

Doğal seçilim etrafımızdaki her yerde iş başında gözükmüştür; bunun en güzel ve uygun örneklerden biri, Darwin'in gördüğü şeyle hayrete düştüğü Galapagos Adalarındaki ispinoz topluluklarıdır. Johathan Weiner'in *The Beak of the Finch* kitabı bunun üzerine sürükleyici bir detaya girer. Doğal seçilim aynı zamanda, kısa ömrü olan ve birçok neslinin çalışabildiği meyve sineği gibi yaratıklarla, laboratuarda da iş başında olmuştur. Evrenimizde işleyen fizik yasaları yeterliyken, neden olduğumuz gibi olmamız gerektiğini açıklaması için bir zeki tasarımcıya ihtiyaç yoktur. Dolayısıyla zeki bir evren tasarımcısı için ne gerek *vardır*?

Tasarım Ürünü Evrenler

Eğer evren tasarımcıları, bugün farkında olduğumuz tek yol olan karadelikler üreterek yeni evrenler oluşturuyorsa, çalışabiliyor oldukları üç düzey vardır: İlki fizik yasalarının yeni evrenlerde nasıl işlediğini etkilemek için herhangi bir girişim olmaksızın karadelikler üretmektir. Evrenlerin evrimi söz konusu olduğunda, bu esasen Lee Smolin'in, doğal karadeliklerden yaratılmış evrenlerle doldurulmuş bir Çoklu Evren senaryosuyla aynıdır, ama ek olarak tasarımcılar, kendi evrenlerinin ömrü boyunca doğal yollarla oluşacak karadelik ve bebek evrenlerden çok daha fazlasını üretebilirler. Bu hemen hemen insanoğlunun zaten oldukça yaklaştığı düzeydir; Gregory Benford'un romanı *Cosm* bu ihtimali eğlenceli bir kurgusal bağlamda ortaya koyar. Merak uyandırıcı bir şekilde, karadelikleri oluşturan zekâları içeren evrenlerin, yaşam olmayan evrenlerden daha yaygın olabileceği için, bu zeki yaşamın Çoklu Evrende "seçilmiş" olduğunu ima ediyor olabilir.

Biraz daha gelişmiş bir medeniyet için olan ikinci düzey, bebek evrenlerin özelliklerini belli bir doğrultuda dürtebilme yeteneğini içerir. Örneğin karadelik oluşumunu, kütleçekim

kuvvetinin bebek evrende ana evrenden daha kuvvetli olduğu şekilde ayarlamak, tam olarak ne kadar daha büyük olacağını söyleyebilecek tasarımcılar olmadan mümkün olabilirdi.

Ayrıca çok gelişmiş bir medeniyet için üçüncü düzey, karbon rezonansının kesin değeri gibi bebek evrendeki fizik parametrelerini kesin olarak ayarlama kabiliyetini, dolayısıyla bebek evreni detaylıca tasarlamayı içerirdi. Tasarımcı bebeklerle benzetme yapabileceğimiz düzey bu düzeydir; mükemmel bir çocuk elde etmek için DNA ile oynamak gibi, yeterli derecede gelişmiş teknolojik bir medeniyet, mükemmel bir evren elde etmek için fizik yasalarıyla oynayabilirdi. Önemli olan, hiçbir durumda (en gelişmiş düzeyde bile) tasarımcılar için oluşturdukları bebek evrenlerle etkileşmek mümkün olmazdı. Kendi Büyük Patlamasından itibaren, her evren başlı başına olurdu.

Bir bebek evren yapmayla ilgili en ürkütücü şey, açıkladığım gibi kolay olmasıdır; en azından birinci düzeyde, bilgisayarda bizimkine benzer bir evren simülasyonu yapmaktan çok daha kolaydır. Bunun yüzünden, taklit evren fikrinin savunucuları tarafından kullanılan tüm görüşler, evren yapma fikrine çok daha kuvvetli bir şekilde uygulanabilir. Eğer taklitçiler haklıysa (ve ben haklı olduklarına inanmıyorum), kendi düşüncelerinden, üretilmiş evrenlerin sayısı simülasyon evrenlerin sayısını uzak ara geçmektedir dolayısıyla üretilmiş bir evrende yaşıyor olmamız, bir bilgisayar simülasyonunda yaşıyor olmamızdan çok daha olasıdır (taklitçilerin diliyle, üssel olarak daha olasıdır).

Harrison'ın taslağı, en azından bir evrenin yaklaşık olarak bizim düzeyimizdeki bir zekâdan ortaya çıkmadan, evrimin doğal olarak Smolin'in süreciyle meydana geldiği başlangıçta[11] bir evren manzarası olduğunu önerir. Bu, akıllı tasarım[12] ve evrimin bizimki gibi (akıllı yaşam için uygun olma anlamında) bir evren çoğalmasına iten ve "akıllı olmayan" evrenleri tüm Çoklu Evrende küçücük bir parça haline getiren tohumdur. İlk akıllı evren belki şans eseri üretilmiştir, ama ondan sonra üretilen ev-

11 Daha önce zamanın akışının bir yanılsama olabileceğini ele aldığım için, 'başlangıç' kelimesini kullanmakta şüpheliyim; ama günlük dil zamansız bir Çoklu Evreni tanımlamaya gerçekten yeterli değil, dolayısıyla kelime orada kalacaktır.

12 Evrim karşıtları tarafından önerilen 'Akıllı Tasarım' değil!

renler çoğalır ve sahneye hâkim olur. Bu anlamda, etrafımızda gördüğümüz Evrenin varlığının *hem* antropik seçilimin (antropik terimini tüm akıllı yaşam formlarını kastetmek için genişletiyorum) *hem de* yaşama uygun hale gelmenin, Çoklu Evrenin kozmik manzarası bağlamında bir sonucu olabilir.

Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society'de yayımlanan bir makalede Harrison'ın ortaya koyduğu gibi:

> Yaşamın kendisi yaratma işini elinde tutar... Evrenimizi yaratan üstün varlıklar, bizimkinden farklı, çok iyi olmayan bir evrende yaşadı. Sadece akıllı değil, aynı zamanda idrak edebilen varlıklardı ve belki de aynı zamanda evrenler yaratabilecek olan bizim uzak altsoylarımıza benzerlerdi. Bu üstün varlıkların evrenimizi nasıl yarattığı ve onlarınkinin nasıl yaratıldığı şimdi soruşturmaya açık, anlaşılabilir konulardır.

Bu işi yapması için gereken zekâ belki bize üstün gelebilir, ama bizimkine oldukça benzer sınırlı bir zekâdır; sonsuz ve anlaşılamaz bir Tanrı değil. Böyle bir zekânın evrenler yapması için en olası sebep, insanların dağa tırmanma veya LHC gibi hızlandırıcılar kullanarak atom altı parçacıkların doğasını inceleme nedenleriyle aynıdır: Çünkü yapabiliyorlardır. Bebek evrenleri yapabilecek teknolojiye sahip bir medeniyet, cazibeyi karşı konulamaz bulabilir, diğer taraftan daha yüksek seviyelerdeki bir evren tasarımında, eğer üstün zekâlar bizim gibi bir yerdeyse, kendi evrenlerinin tasarımını geliştirmek için karşı konulamaz bir cazibe olurdu.

Bu Albert Einstein'ın bilmeceye getirdiği şimdiye kadar ki en iyi öneriyi sağlar: "Evren hakkında en anlaşılamaz şey, Evrenin anlaşılabilir olduğudur." Evren bizimkine benzer aklı olan akıllı varlıklar tarafından, en azından belli bir kapsamda tasarlandığı için insan aklına anlaşılır gelir. Fred Hoyle bunu biraz farklı olarak ortaya koyar. "Evren," der, "bir danışıklı dövüştür." Ben onun haklı olduğuna inanıyorum. Ama bu "danışıklı dövüşün" anlaşılması için, bu kitapta ele alınan her öğeye ihtiyacımız vardır.

"Nedensel parça" görüşleri ile termodinamiğin bir ilişkisinin, nedensel parça dışında bulunan hiçbir şeyin bizi etkileyemeyeceğine rağmen, nedensel parça dışında bulunan her şey var olduğu için bizim burada olduğumuzu ima ettiğini ele almıştım. Var olduğumuz gerçeği, gerçekten bir Çoklu Evrende yaşadığımıza dair geçerli en iyi kanıt gibi gözükür. Bugün sahip olduğumuz bu Çoklu Evrenin en iyi matematiksel açıklaması, Leonard Susskind'in esasen, son zamanlarda en iyi David Deutsch tarafından ifade edilen bir fikir olan Hugh Everett'in Birçok Dünya "manzarasıyla" aynı olduğunu gösterdiği sicim manzarasıdır. Her iki perspektiften de, evrenlerin akıllı tasarımcılarının rolünü içerecek şekilde, Ted Harrison'ın Leo Smolin'in evrenlerin evrimi fikri üzerine yaptığı geliştirme resmi tamamlar. Kozmik rastlantılar hakkında hiçbir bilmece kalmamıştır. Evren, yaşama bir ev sağlamak için kurulmuştur; ama Evren başladığı zaman, yaşam doğal seçilim yoluyla dışarıdan bir müdahaleye gerek kalmadan evrimleşmiştir. Bu İnsan'ın Tanrı'nın suretinde yaratıldığı anlamına değil, daha çok Evrenin, aşağı yukarı, Tasarımcıların evreni suretinde yaratıldığı anlamına gelir.

EK OKUMA

BİRAZ DAHA KENDİ DÜŞÜNCELERİMDEN

Evrendeki (veya evrenlerdeki) yerimize genel bir bakış sağlama niyeti olan bir yazar olarak yola çıkmamış olsam da, geriye bakıldığında kitaplarımın[1] çoğu genel konuya oturmaktadır. Dolayısıyla bazıları yayımlanma sırası yerine bu bağlamda konusal olarak düzenlenebilir.

Science: A History (Allen Lane, 2002) insanlığın etrafımızdaki dünya üzerine nasıl bir anlayış geliştirdiği üzerine genel bir bakış sağlar. *The Universe: A Biography* (Allen Lane, 2007) hikâyeyi bugüne getirirken ve *Stardust* (Allen Lane, 2000) Dünya'daki yaşamı kozmik bağlama yerleştirirken, *In Search of the Big Bang* (Penguin, 1998) Evrenin kökenine iner. *Deep Simplicity* (John Gribbin, 2004) basit kurallarla hükmedilen bir Evrenin karmaşıklığının ortaya çıkışını ve *Being Human* (Dent, 1993) doğal seleksiyon yoluyla evrim bağlamında kendi karmaşıklığımızın ortaya çıkışını ele alır. Daha geniş anlamda evrim *He Knew*

1 Birçoğu Mary Gribbin ortaklığıyla hazırlandığı için, 'bizim' kitaplarımız demeliyim.

JOHN GRIBBIN

He Was Right (Allen Lane, 2009) isimli James Lovelock biyografimizin bir konusudur. Diğer evrenlerin varlığını sağlayacak şekilde tüm bunları bir çerçeveye oturtma gereksinimi kuantum teorisi açısından *In Search of Schrödinger's Cat* (Corgi, 1985), *Schrödinger's Kittens* (Weidenfeld & Nicolson, 1995) ve Marti Rees'in işbirliğiyle, açıkça daha 'antropik' bir bağlamda *The Stuff of the Universe* (Penguin, 1995) kitaplarında işlenmiştir. 'Her şeyin teorisi' arayışının bir parçası olan, aşina olduğumuz üç uzay ve bir zaman yerine daha fazla boyut gereksinimi *In Search of Superstrings* (Icon, 2007) kitabında ele alınmıştır. Ve *Q is for Quantum* (Weidenfeld & Nicolson, 1998) kuantum dünyasına A'dan Z'ye bir rehber oluşturur.

DİĞER KAYNAKÇA

Yıldız işareti ile işaretlenmiş kitaplar daha teknik, ama özel olarak bağlantılıdırlar; + ile işaretlenmiş kitaplar kurgudur, ama Çoklu Evren fikrini bir şekilde kullanırlar.

Amir Aczel, *Entanglement*, Four Walls Eight Windows, New York, 2002.

+Poul Anderson, *Time Patrol*, Baen, New York, yeni basım, 2006.

Svante Arrhenius, *Worlds in the Making*, Harper, Londra, 1908.

Jim Baggott, *Beyond Measure*, Oxford UP, 2004.

Jim Baggott, *A Beginner's Guide to Reality*, Penguin, Londra, 2005.

Julian Barbour, *The End of Time*, Weidenfeld & Nicolson, Londra, 1999.

John Barrow, *The Infinite Book*, Cape, Londra, 2005.

John Barrow, *New Theories of Everything*, Oxford UP, 2007.

*John Barrow ve Frank Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle*, Clarendon Press, Oxford, 1986.

*John Barrow, Paul Davies ve Charles Harper (ed.), *Science and Ultimate Reality*, Cambridge UP, 2004.

+Gregory Benford, *Cosm*, Orbit, Londra, 1998.

*Niels Bohr, Atomic Theory and the Description of Nature, Cambridge UP, 1934.

*Ludwig Boltzmann, *Lectures on Gas Theory*, California Üniversitesi Yayınları, Berkeley, 1964; orijinali 1896 ve 1898'de Almanca yayımlandı.

+Jorge Luis Borges, *Collected Fictions*, çev. Andrew Hurley, Allen Lane, 1998.

Nick Bostrom, *Anthropic Bias*, Routledge, Londra, 2003.
*Julian Brown, *Minds, Machines, and the Multiverse*, Simon & Schuster, New York, 2000.
Giordano Bruno, *Gesammelte Werke*, ed. L. Kuhlenbeck, Eugen Diederichs, Jena, 5. cilt, 1904–7.
*Bernard Carr (ed.), *Universe or Multiverse?*, Cambridge UP, 2007.
+Lewis Carroll, *The Annotated Alice*, ed. Martin Gardner, Penguin, Londra, 2001.
+Arthur C. Clarke, *The Other Side of the Sky*, Harcourt, New York, 1958.
*J. Cornell (ed.), *Bubbles, Voids, and Bumps in Time: The NewCosmology*, Cambridge UP, 1989.
Peter Coveney ve Roger Highfield, *The Arrowof Time*, W. H. Allen, Londra, 1990.
Charles Darwin, *The Origin of Species*, Penguin, Londra, 1968 (yeniden basım, ilk basım John Murray 1859).
*Paul Davies, *The Accidental Universe*, Cambridge UP, 1982.
Paul Davies, *About Time*, Viking, Londra, 1995.
Paul Davies ve Julian Brown (ed.), *The Ghost in the Atom*, Cambridge UP, 1986.
Richard Dawkins, *Climbing Mount Improbable*, Viking, Londra, 1996 [Olasılıksızlık Dağına Tırmanmak, Kuzey Yayınları çev.: B. Duygu Özpolat, F. Yıldız, M. Demirkan, 2011].
David Deutsch, *The Fabric of Reality*, Allen Lane, Londra, 1997.
*Bryce DeWitt ve Neil Graham (ed.), *The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics*, Princeton UP, 1973.
+Philip K. Dick, *Counter-Clock World*, Berkley Medallion, New York, 1967.
+Philip K. Dick. *The Man in the High Castle*, Gollancz, Londra, 1975.
Arthur Eddington, *The Nature of the Physical World*, Cambridge UP, 1928.
Lewis Carroll Epstein, *Relativity Visualized*, Insight Press, San Francisco, gözden geçirilmiş basım, 1987.
Richard Feynman, *The Character of Physical Law*, MIT Press, Cambridge, Mass., 1967. [Fizik Yasaları Üzerine, TUBİTAK, Çev: Nermin Arık, 2005]
Richard Feynman, *Six Easy Pieces*, Addison-Wesley, Massachusetts, 1995.
Galileo Galilei, *Two New Sciences*, çev. Stillman Drake, Wisconsin Üniversitesi Yayınları, Madison, 1974; orijinali 1638'de İtalyanca yayımlandı.
George Gamow, *My World Line*, Viking, New York, 1970.
+David Gerrold, *The Man Who Folded Himself*, BenBella, New York, yeni basım, 2003.
Donald Goldsmith, *The Runaway Universe*, Perseus Books, Cambridge, Mass., 2000.
Brian Greene, *The Elegant Universe*, Norton, New York, 1999. [Evrenin Zarafeti, TUBİTAK, yay., çev.: Ebru Kılıç, 2011]
+John Gribbin, *TimeSwitch*, PSPublishing, Londra, 2009.
John Gribbin ve Mary Gribbin, *Time Travel for Beginners*, Hodder/Headway, Londra 2008.
Alan Guth, *The Inflationary Universe*, Cape, Londra, 1997.
Edward Harrison, *Masks of the Universe*, ikinci baskı, Cambridge UP, 2003.

Lawrence Henderson, *The Fitness of the Environment*, Macmillan, New York, 1913. (yeni baskı 1970 Peter Smith, Gloucester, Mass.)
Nick Herbert, *Quantum Reality*, Rider, Londra, 1985.
Tony Hey ve Patrick Walters, *The Quantum Universe*, Cambridge UP, 1987.
Banesh Hoffman, *Albert Einstein*, Viking, New York, 1972.
Fred Hoyle, *Galaxies, Nuclei, and Quasars*, Heinemann, Londra, 1965.
+Fred Hoyle, *October the First is Too Late*, Heinemann, Londra, 1966.
David Hume, *Dialogue Concerning Natural Religion*, ed. J. V. Price, Oxford UP, 1976; orijinal basım 1779. James Jeans, *The Mysterious Universe*, Cambridge UP, 1930.
George Johnson, *A Shortcut Through Time*, Cape, Londra, 2003.
Michio Kaku, *Parallel Worlds*, Allen Lane, Londra, 2005.
Janna Levin, *Howthe Universe Got Its Spots*, Weidenfeld & Nicolson, Londra, 2002.
Seth Lloyd, *Programming the Universe*, Random House, New York, 2005.
*Malcolm Longair (editör), *The Large, the Small, and the Human Mind*, Cambridge UP, 1997.
James Lovelock, *The Ages of Gaia*, Oxford UP, 1988.
*W. H. McCrea ve M. J. Rees, *The Constants of Nature*, Royal Society, Londra, 1983.
Walter Moore, *Schrödinger: Life and Thought*, Cambridge UP, 1989.
+Ward Moore, *Bring the Jubilee*, Equinox/Avon, New York, 1976.
Heinz Pagels, *The Cosmic Code*, Simon & Schuster, New York, 1982.
William Paley, *Natural Theology*, ed. Matthew Eddy ve David Knight, Oxford UP, 2006. (ilk baskı 1802; *The Works of William Paley*, ed. R. Lynam, 1825.)
C. F. A. Pantin, in *Biology and Personality*, ed. I. T. Ramsay, Blackwell, Oxford, 1965.
C. F. A. Pantin, *The Relations Between the Sciences*, Cambridge UP, 1968.
+Fred Pohl, *The Coming of the Quantum Cats*, Bantam, New York, 1986.
*Huw Price, *Time's Arrowand Archimedes' Point*, Oxford UP, 1996.
Ilya Prigogine ve Isabelle Stengers, *Order Out of Chaos*, Heinemann, Londra, 1984.
Lisa Randall, *Warped Passages*, Penguin, Londra, 2006.
Martin Rees, *Before the Beginning*, Simon & Schuster, Londra, 1997.
Martin Rees, *Just Six Numbers*, Weidenfeld & Nicolson, Londra, 1999.
Eugen Shikhovtsev, *Biographical Sketch of Hugh Everett III*, çev. Kenneth Ford. url: http://space.mit.edu/home/tegmark/everett/everett.html
Andrei Sakharov, *Alarm and Hope*, Knopf, New York, 1978.
D. W. Singer, *Giordano Bruno*, Schuman, New York, 1950.
Lee Smolin, *The Life of the Cosmos*, Oxford UP, New York, 1997.
*Lee Smolin, *Three Roads to Quantum Gravity*, Weidenfeld & Nicolson, Londra, 2000.
+Olaf Stapledon, *Last and First Men, and Star Maker* (birleşik baskı), Dover, New York, 1968.
Victor Stenger, *Timeless Reality*, Prometheus, New York, 2000.
Victor Stenger, *The Comprehensible Cosmos*, Prometheus, New York, 2006.
Paul Steinhardt ve Neil Turok, *Endless Universe*, Doubleday, New York, 2007.

Leonard Susskind, *The Cosmic Landscape*, Back Bay Books, New York, 2006.

*Kip Thorne, *Black Holes and Time Warps*, Picador, Londra, 1994.

*Richard Tolman, *Relativity, Thermodynamics, and Cosmology*, Clarendon Press, Oxford, 1934.

Alex Vilenkin, *Many Worlds in One*, Hill & Wang, New York, 2006.

Alfred Russel Wallace, *Man's Place in the Universe*, McClure, Phillips & Co., New York, 1903.

Jonathan Weiner, *The Beak of the Finch*, Cape, Londra, 1994.

+H. G. Wells, *The Time Machine*, Penguin Classics, Londra, 2005 (orjinal baskı 1895).

*John Wheeler, 'Beyond the end of time', *Black Holes, Gravitational Waves and Cosmology* içinde, ed. Martin Rees, Remo Ruffini ve John Wheeler, Gordon & Breach, New York, 1974.

John Wheeler ve Kenneth Ford, *Geons, Black Holes and Quantum Foam*, Norton, New York, gözden geçirilmiş baskı, 2000.

*John Wheeler ve Wojciech Zurek (editörler), *Quantum Theory and Measurement*, Princeton UP, 1983.

Gerald Whitrow, The Structure and Evolution of the Universe, Harper & Row, New York, 1959.

SÖZLÜK

alan Bir nesnenin bir diğerine değmeden kuvvet uyguladığı bölge. En bilinen örneği manyetik alandır. Basit bir çubuk mıknatıs bir kâğıdın altına konulduğunda ve demir tozları kâğıt üstüne serpildiğinde, tozlar 'kuvvetin çizgileri' boyunca hizaya gelirler ve bu alan varlığını ortaya koyar.

anakol yıldızı *Güneş* gibi, yaşamının hemen hemen başlangıcında olan bir *yıldız*.

antropik kozmoloji Gördüğümüz Evrenin olduğu gibi olması gerektiğini, yoksa bizim onu görmemiz için burada olamayacağımızı söyleyen görüş. Bu mantıken Evrenin bizimle 'tasarlandığı' anlamına gelmez; eğer birçok evren varsa, o zaman bizim gibi yaşam formları sadece bizim gibi yaşam formlarının var olabileceği o evrenlerde var olurlar. Aynı şekilde, okyanuslar balıklar için 'tasarlanmamıştır'; balıklar çevrelerine uyum sağlamak için evrimleşmişlerdir. Ama her şüpheci filozof balığın sadece suda yaşadığını fark eder, dolayısıyla etraflarında tamamen su olduğunu bulmak şaşırtıcı değildir.

arka plan ışıması *bkz. Kozmik arkaplan ışıması*

astronomik birim (AU)* Astronomide kullanılan uzaklık ölçüsü. 1 AU Dünya'dan *Güneş'e* olan uzaklığa eşdeğerdir (149.597.870 km).

---

* Astronomical unit –çn.

atom Kimyasal reaksiyonlarda yer alan, sıradan *maddenin* en küçük bileşeni. Oksijen veya demir gibi tüm elementler kendi atomlarından yapılmıştır. Her atom bir elektron bulutuyla çevrilmiş küçük merkezde bulunan bir çekirdekten oluşur. Çekirdekteki her proton için bulutta bir elektron bulunur.

baryon *Baryonik maddenin* bir parçacığı.

baryonik madde *Proton, nötron ve elektrondan* yapılmış, Dünya üzerindeki sıradan maddeler gibi *maddelere* verilen isim. Tam anlamıyla, elektronlar baryon değildirler, ama *kütleleri* proton ve nötronlarla karşılaştırıldığında çok küçüktür.

bayt Sekiz *bit*.

belirsizlik *Kuantum fiziğinde*, bilinebilecek *eşlenik değişken* çiftlerinin her birinin kesin hassasiyet ölçüsü.

beyaz cüce Bir çeşit ölü *yıldız*. Güneş hayatını bir beyaz cüce olarak sonlandıracaktır. Beyaz cüce *maddesinin* her santimetre küpünde yaklaşık 1 tonluk *kütle* olabilir.

Birçok Dünya Varsayımı Bir kitaptaki sayfalar gibi, yan yana 'kapı komşu' dizilmiş gerçekliğin birçok farklı versiyonu olduğu fikri. Bunlar bazen *paralel evrenler* veya *paralel dünyalar* olarak tanımlanır. Aynı zamanda Birçok Dünya Yorumu olarak bilinir.

Birçok Dünya Yorumu *bkz. Birçok Dünya Varsayımı*

bit Anahtarın açık veya kapalı olmasına eşdeğer, en küçük bilgi parçası. Binary digit'in (ikili sayı) kısaltılmış halidir.

Boltzmann dalgalanması *Atom* ve *moleküllerin* rastgele hareketinin sonucu olarak, *termodinamik* dengedeki bir sistemde düzenin bir parçasının anlık görünmesi.

boşluk dalgalanması *bkz. Kuantum dalgalanması*

Büyük Birleşme Teorisi (GUT) Kütleçekim hariç tüm doğa kuvvetlerini tek bir matematiksel pakette tanımlamaya çalışan herhangi bir teori.

Büyük Patlama Yaklaşık 13,7 milyar yıl önce, görünür Evrenimizin sıcak, yoğun bir ateş topu olduğu kökeni için kullanılan popüler terim. Bundan ötürü, diğer *evrenler* kendi Büyük Patlamaları ile başlamış olabilirler.

Büyük Patlama nükleosentezi *bkz. Nükleosentez*

büyük sekme *Büyük çöküş* yerine, çöken bir evrenin yeni bir *Büyük Patlama* 'sekmeyle' sonuçlanabileceğini söyleyen fikir.

büyük çöküş *Büyük Patlamanın* tersi gibi, bir *evrenin* son çöküşte varsayımsal ölümü için kullanılan popüler terim. *Evrenimizin* bu şekilde sonlanmayacağı artık kesindir.

CERN 'Atom parçalama' deneylerinde parçacık demetlerinin kafa kafaya çarpıştırıldığı, Cenevre yakınlarındaki Avrupa parçacık hızlandırma laboratuarı.

Chandrasekhar limiti Güneş'imizin 1,4 katı *kütleye* karşılık gelen, bir *beyaz cücenin* maksimum *kütlesi*.

çekirdek *Proton* ve *nötronlardan* oluşmuş, atomun merkez parçası.

Çoklu Evren Var olan her şey.

dalga fonksiyonu *Elektron* gibi *kuantum* varlıklarının dalgalar cinsinden matematiksel tanımlaması. Bazı koşullarda işe yarar, ama bazılarında yaramaz. *bkz. Kopenhag Yorumu*

dalga fonksiyonunun çöküşü *Kopenhag Yorumu'nun* merkezinde olan, *elektron* gibi *kuantum* varlıkların gözlenene kadar dalga, daha sonra noktasal parçacıklara 'çöktüğünü' söyleyen fikir.

D-zar *Sicim teorisinin* ucu açık sicimlerinin sonunun bağlanabileceği bir yüzey. *bkz. Zar*

de Sitter uzayı Ebedi olarak genişleyen *evrenin* matematiksel tanımı. *bkz. Ebedi enflasyon*

Doppler etkisi Dalga yayımlayan nesnenin gözlemciye doğru gitmesi veya gözlemciden uzaklaşması sonucu oluşan, ışık veya sesin dalga boyundaki değişim. Size doğru gelen bir nesneden gelen ışık daha kısa dalgaboylarına kısalır (maviye kayma); sizden uzaklaşan bir nesneden gelen ışık daha uzay dalgaboylarına uzar (kırmızıya kayma). Aynı zamanda *bkz. Kozmolojik kırmızıya kayma*

dünyasal sıradanlık prensibi Bizim *Evrende* özel bir yer işgal etmediğimizi öne süren fikir. Bundan ötürü, Evrenimizin *Çoklu Evrenin* sıradan bir üyesi olduğu fikri anlamına gelir.

ebedi enflasyon İçinde kuantum dalgalanmalarının Kozmik Manzaraya yerleşecek yeni evrenler oluşturacağı uzayın üssel olarak genişlemesi.

Einstein-Rosen köprüsü *Solucan deliğinin* başka bir ismi.

eksponansiyel gösterim Sayıları 10'un (genellikle) kuvvetleri cinsinden yazma şekli. 10^2 100'dür, 10^3 1000'dir, vs. Burada 2 ve

3 üsseldir. Bu özellikle 10^{36} gibi sayıları yazmak için faydalıdır, ki bu 1'i 36 sıfırın takip ettiği anlamına gelir. Aynı zamanda küçük sayıları negatif üssellerle gösterebilirsiniz. 10^{-1} 0,1'dir, 10^{-2} 0,01'dir, vs. Bu örneklerde, taban 10'dur. İlke olarak herhangi bir rakam taban olarak kullanılabilir; bilgisayarda, 2 tabanı yaygındır ve bir kilobayt 2^{10} bayttır (ki bu aslında 1024 bayttır, 1000 değil).

elektromanyetik ışıma *Maxwell denklemlerinde* tanımlanan, elektrik ve manyetizmadan meydana gelmiş, ışık, radyo dalgaları ve X-ışınları dahil herhangi bir ışıma formu.

elektromanyetizma *Maxwell denklemleri* tarafından tanımlanan, elektrik ve manyetizmanın tek bir matematiksel pakette açıklanması.

elektron *Maddenin* yapı taşlarının en hafifi, *atomun* dış parçasında bulunan elektriksel olarak negatif parçacık. Elektronlar da dalga şeklinde davranabilirler.

elektronvolt (eV) Fizikçiler tarafından kullanılan enerji birimi. 1 eV, tek bir elektron 1 voltluk potansiyel farktan geçtiği zaman kazanılan enerjidir. 100-watt'lık bir lamba saniyede 624 milyar kere milyar hızda enerji harcar.

elektrozayıf teori Elektromanyetizma ve zayıf kuvvetin tek bir matematiksel pakette açıklanması. *Büyük Birleşme Teorisine* doğru bir adım.

element *bkz. Atom*

enflasyon Küçücük bir kuantum dalgalanmasının saniyenin küçücük bir parçasında yaklaşık bir greyfurt büyüklüğüne genişlediği, *Evrenin* gelişiminin erken bir fazı.

entropi Bir sistemdeki düzen(sizlik) miktarının bir ölçüsü. Entropi ne kadar yüksek olursa, sistem o kadar düzensiz ve rastgeledir; entropi ne kadar düşük olursa, sistem daha düzenli ve daha yüksek bilgi içeriğinde olur.

eşlenik değişken *Kuantum belirsizliği* ile bağlanmış, konum/momentum ve enerji/zaman gibi özellik çiftleri.

evre uyumsuzluk *Kuantum* girişim etkilerinin dış çevredeki büyük parçacıkları grupları arasında dağılması, dolayısıyla kuantum bilgisinin daha yaygın bir şekilde yayıldığı ve diğer her şeyin kirliliği arasında kaybolması.

evren (küçük harf ile) Uzay-zamanın nasıl evrimleştiğiyle ilgili matematiksel ve bilgisayar modellerinde ve aynı zamanda belki de diğer boyutlardaki, yapabileceğimiz herhangi bir gözlemle ilkesel olarak ulaşılamayacak uzay-zamanın varsayımsal bölgeleri için kullanılan terim. Uzay-zamanın bu tip ulaşılamayan bölgeleri *Çoklu Evren*in parçasıdır, Çoklu Evrenin diğer bileşenleri bizim Evrenimize karşılık gelir.

Evren (büyük harf ile) Şimdiye kadar ilkesel olarak doğrudan bilgi sahibi olduğumuz uzay ve zamandaki her şeyin toplamı. *Çoklu Evren*in bizim olduğumuz bileşeni.

Evrenin ısı ölümü Bir gün tüm yıldızların söneceği ve *Evrendeki* her yerde sıcaklığın aynı olacağı fikri.

eylemsizlik *bkz.* Kütle

Feynman diyagramı *Elektron* ve *proton* gibi parçacıkların fotonları değiştirerek birbiriyle etkileşmelerini betimleyen özel bir çeşit *uzay-zaman* diyagramı.

foton Işığın veya herhangi bir elektromanyetik alan veya dalganın bir parçacığı.

galaksi (küçük harf ile) Güneş gibi yüz milyarlarca yıldız içerebilecek, uzaydaki büyük adalar.

Galaksi (büyük harf ile) Saman Yolu olarak da bilinen kendi galaksimiz.

gama ışını Çok enerjili bir foton.

genel görelilik teorisi Albert Einstein tarafından geliştirilen, eğri uzay-zaman cinsinden madde ve kütleçekim arasındaki ilişkiyi tanımlayan teori.

geri bakma zamanı Işığın uzak bir nesneden bize ulaşması için gereken zaman. *Işık hızı* sonlu olduğu için, biz nesnelerin ışığın onları terk ettiği çok uzun zaman önceki halini görürüz. Bu anlamda, *Evrenin* geçmiş tarihine bakış sağlayan, teleskoplar zaman makinesi gibidirler.

girişim deseni İki dalga dizisi üst üste bindiğinde oluşan desen. Örneğin bu gölcükteki ufak dalgalar veya bir kartondaki iki delikten yayılan dalgalar olabilir.

graviton Kütleçekimsel kuvvet taşıyan parçacık.

güçlü nükleer kuvvet *Proton* ve *nötronları çekirdek* içinde bir arada tutan kuvvet.

Güneş Güneş sisteminin merkezindeki *yıldız*.
Her Şeyin Teorisi *Kütleçekim* dahil doğanın tüm kuvvetlerini tek bir matematiksel pakette tanımlamayı amaçlayan herhangi bir teori. *Bkz. Büyük Birleşme Teorisi* ve *sicim teorisi*
hız Bir nesnenin gittiği sürat ve doğrultunun ölçüsü. Örneğin; 100 km/sa bir sürattir; kuzeydoğu yönünde 100 km/sa ise bir hızdır.
Hubble parametresi *bkz. Hubble sabiti*
Hubble sabiti Aynı zamanda Hubble parametresi olarak da bilinen, *Evrenin* ne kadar hızlı genişlediğini ölçen bir sayı.
ışık hızı Uzayda hareket eden herhangi bir şey için en üst hız limiti, saniyede 299.792.458 metre (yaklaşık 3×10^8 m/s).
ışık yılı Işık tarafından bir yılda kat edilen mesafe, 9,46 milyon kere milyon km. Bir ışık yılı zaman değil uzaklık ölçüsüdür.
ikili sistem Birbiri etrafında dönen bir çift *yıldız* veya bir yıldız ve bir *karadelik*.
ikiz etkisi Eğer iki özdeş ikizden biri *ışık hızına* yakın bir hızda uzun bir yolculuğa çıkarsa, *zaman genleşmesi* yüzünden eve döndüğünde seyahat eden ikiz evde kalan ikizden daha genç olacaktır.
istatistiksel mekanik Birçok molekülden oluşan bir gazın davranışı gibi, çok sayıda bileşenden oluşmuş sistemlerin davranışı hesaplamak için istatistiğin uygulandığı termodinamiğin geliştirilmesi. Bu kitapta, termodinamikle eşanlamlı olarak kullanılmıştır.
istikrarsız boşluk Boş uzayın başka bir durumundan daha fazla enerjisi olan bir 'boş uzay' durumu. 'Sahte' bir boşluktur, çünkü bu boşluk için, enerjisini vererek daha düşük bir duruma bozunmak mümkündür. Böyle bir süreç *enflasyona* güç verebilir.
kaçış hızı Bir nesnenin başka bir nesnenin kütleçekimsel etkisinden kaçması için gereken minimum hız. Dünya'nın yüzeyinden kaçış hızı saniyede 11,2 km'dir. Bir kara deliğin olay ufkundan kaçış hızı ışık hızını aşar, bu yüzden hiçbir şey karadelikten kaçamaz.
kalıp evren Zamandaki tüm anların, tıpkı konumların uzayda var olduğu gibi uzay-zamanda var olduğunu söyleyen gerçeklik modeli; buna göre 1452 veya 3173 tecrübe etmesek bile bugün

kadar gerçektir, aynı şekilde Londra'da yaşıyor olsanız bile New York ve Mumbai Londra kadar gerçektir.

kara cisim *Elektromanyetik ışımayı* mükemmel bir şekilde hem soğuran hem de yayan bir nesne.

kara cisim ışıması Bir *kara cisim* tarafından yayımlanan enerji.

karadelik Kütleçekim tarafından kendi etrafında bükülmüş, o kadar ki hiçbir şeyin, ışığın bile kaçamayacağı bir *uzay-zaman* bölgesi. *bkz. Olay ufku*

kara enerji Sadece Evrenin genişlemesi üzerine yaptığı etki ile tayin edilen, tüm uzayı dolduran bir enerji formu.

kara madde Galaksilerin hareketini ve Evrenin genişlemesine etkiyen, sadece kütleçekimsel çekimi sayesinde tayin edilebilen madde. *Baryonik maddeden* altı kat daha fazla kara madde bulunmaktadır.

Kararlı Hal Varsayımı Toplam görüntüsünden *Evrenin* ebedi ve değişmez olduğu fikri. Konu bu olmasa da, kararlı hal fikrinin bileşenleri, *enflasyonun* çağdaş kozmolojik görüşünde ortaya çıkar (genelde kabul edilmez).

karşı-madde Yapılmış olduğumuz *maddenin*, ters özellikli, bir çeşit ikiz versiyonu. Örneğin bir karşı-elektron (aynı zamanda *pozitron* olarak bilinir) negatif elektrik yükü yerine pozitif elektrik yüküne sahiptir.

karşı-parçacık Karşı-maddenin bir parçacığı.

Kelvin sıcaklık ölçeği Sıcaklığın mutlak sıfır noktası olan 273.15°C'den ölçülen sıcaklık. Kelvin ölçeğinde her derece Celsius ölçeğinde dereceyle aynı büyüklüğe eşittir, ama 'derece' işareti olmadan yazılır. 0°C'nin karşılığı 273.15 K'dir.

kırmızıya kayma *Kozmolojik kırmızıya kayma; bkz. Doppler Etkisi*

kızılaltı Kırmızı ışıktan daha uzun dalga boyuna sahip görünmez ışık formu. *bkz. Spektrum*

kinetik enerji Hareket ettiği için bir şeyin sahip olduğu enerji.

klasik fizik Atomlardan çok daha büyük şeylere uygulanabilecek denklem ve kurallar.

kompaktlaştırma *Sicim teorisi* tarafından gerek duyulan 'ekstra' boyutların, görünmez olmaları için sarılmış hale gelmesi.

Kopenhag Yorumu Deneylerin sonuçlarını tahmin etmek için *kuantum mekaniği* denklemlerini kullanmanın bir yolu. 1930'lardan 1980'lere kadar kuantum dünyasının standart 'açıklamasıydı', ama cevapladığı kadar birçok soru ortaya çıkarır (*dalga fonksiyonunun çökmesi* gibi).

kozmik arkaplan ışıması Bugün uzayın her yönünden gelen radyo kirliliğinin zayıf bir formunda tayin edilebilen, Büyük Patlamadan arda kalmış ışıma. Bu neredeyse *kara cisim ışıması* kadar mükemmeldir.

kozmik ışınlar Dünya'nın atmosferine çarpan, uzaydaki enerjili parçacıklar.

Kozmik Manzara *bkz.* Sicim manzarası

kozmolojik kırmızıya kayma Evrenin genişlemesinden doğan, uzak bir nesneden daha uzun dalgaboylarına ışığın uzaması.

kozmolojik sabit Kara enerji miktarının bir ölçüsü.

kritik yoğunluk Evren uzay-zamanının düz olduğu zamanki yoğunluk. Kritik yoğunluk, her metreküp uzayda beş hidrojen atomunun olmasına eşdeğerdir.

kuantum (sıfat) *Kuantum fiziğinde* olduğu gibi, şeylerin en küçük ölçeklerde bulunduğunu tanımlama.

kuantum (isim) Var olan herhangi bir şeyin en küçük miktarı. Örneğin *foton*, ışığın kuantumudur.

kuantum alan teorisi Temel parçacıklar arasındaki etkileşimlerin matematiksel açıklaması.

kuantum bilgisayarı Kuantum prensipleri üzerine çalışan bir bilgisayar. *bkz. Kübit.* Kuantum bilgisayarlarının çalıştığı gerçeği *Çoklu Evren* fikrine destek anlamında güçlü bir kanıttır.

kuantum dalgalanması *Planck ölçeğinde* (genellikle) kısa ömürlü bir enerji baloncuğu. Fakat bazen böyle bir baloncuk o bir *evren* haline gelebilecek kadar büyüyebilir. *bkz. Enflasyon.* Şu anki kullanımında boşluk dalgalanmasıyla eşanlamlıdır.

kuantum elektrodinamiği (KED) *Atom* ve *moleküllerin* nasıl işlediğini açıklayan ışık ve *madde* teorisi.

kuantum kabartısı Kuantum dalgalanmaları yüzünden, *Planck ölçeğinde uzay-zamanın* köpüklü yapısı.

kuantum kütleçekimi Her şeyi tek bir matematiksel pakette açıklayacak uzun soluklu bir teori.

kuantum mekaniği *Kuantum fiziği* için kullanılan başka bir terim.

kuantum noktası *Kübitleri* saklamak için *kuantum bilgisayarında* kullanılan 'anahtar'.

kuantum ölçeği *bkz. Planck ölçeği*

kuark *Proton* ve *nötron* gibi parçacıkları oluşturan temel varlık. *bkz. sicim*

kuasar Karadelik içine düşen *madde* ile doldurulmuş, bir *galaksinin* aktif çekirdeği.

kübit *Kuantum bilgisayarında bitin* karşılığı. Bir kuantum bilgisayarında bir anahtar aynı zamanda, *üst üst binme durumlarında*, hem açık hem de kapalı olabilir.

kütle Bir şeyin içerdiği *madde* miktarının ölçüsü. Bir nesnenin hareket ettirilmeye karşı koyduğu direnci (*eylemsizlik*) ve nesneleri bir diğerine çeken kütleçekimsel kuvveti oluşturan kütledir. Kütle ne kadar büyük olursa, eylemsizlik ve kütleçekimsel çekim daha büyük olur.

kütleçekim Kütlesi olan bir nesnenin kütlesi olan başka bir nesneye uyguladığı kuvvet. Kuvvetin büyüklüğü nesnenin kütlesinin aralarındaki uzaklığın karesine bölümüyle orantılıdır. Buna kütleçekimin ters-kare kanunu denir.

lambda (Λ) alanı *Kara enerjinin* başka bir ismi.

madde *bkz.* Kütle

manzara *bkz. Sicim manzarası*

maviye kayma *bkz. Doppler etkisi*

Maxwell'in denklemleri Elektrik ve manyetizmanın davranışını açıklayan bir denklem dizisi. Özellikle denklemler bize *ışık hızının* ne olduğunu anlatır, çünkü ışık *elektromanyetik ışımanın* bir formudur.

metaevren *Çoklu Evren* için bazı insanlar tarafından kullanılan terim.

milyar Bin milyon.

Minkowski diyagramı Bir çeşit grafik veya harita üzerinde uzay-zaman boyunca şeylerin hareketini gösterme şekli.

molekül Elektromanyetik kuvvetlerle kararlı bir şekilde bir arada tutulan *atomlar* grubu.

momentum Bir nesnenin *kütlesi* ile hızının çarpımı.

mor ötesi Mor ışıktan daha kısa dalgaboylu, görünmez ışığın bir formu. *bkz. Tayf*

M-teorisi *Sicim teorisinin* tüm bilinen versiyonlarını içeren kapsayıcı bir teori.

nebula Çağdaş kullanımıyla, *yıldızlar* arasındaki gaz ve toz bulutu. Şimdi *galaksiler* olarak bilinen nesnelerin *Saman Yolu* dışında bulunduğu anlaşılmadan önce, Andromeda galaksisi gibi bazıları aynı zaman nebula olarak adlandırıldı; ama galaksilere uygulandığı şekilde terim şu an kullanılmaz olmuştur.

nedensel parça Bir nesnenin etrafını saran, *Büyük Patlamadan* bu yana ışık sinyallerinin kendisini geçebilmesi için yeterince küçük olan herhangi bir uzay bölgesi. Böyle bir bölgenin merkezindeki bir nesne Büyük Patlamadan bu yana parçadaki diğer nesneleri etkilemek için zaman bulmuştur, ama henüz parça dışındaki herhangi bir şeye etkiyememiştir. Aynı şekilde, parça dışındaki hiçbir şey Büyük Patlamadan bu yana bu nesneyi etkileyememiştir.

Newton fiziği *Klasik fiziğin* bir başka ismi.

nötron Bir atomun çekirdeğinde bulunan nötr bir parçacık.

nötron yıldızı Bir çeşit ölü *yıldız*. Bir nötron yıldızının her santimetre küpünde yüz milyonlarca ton *kütle* bulunabilir. Bir nötron yıldızı için olası maksimum kütle, *Güneş'in* kütlesinin yaklaşık üç katıdır.

nükleon *Proton* ve *nötronların* genel adı.

nükleosentezi Hafif elementlerden daha ağırlarını oluşturmanın doğal yolları. Bunların küçük bir kısmı *Büyük Patlamada* (Büyük Patlama nükleosentezi) oluşmuştur, ama hidrojen ve helyum hariç, elementlerin çoğu *yıldızların* içinde üretilmektedir (yıldız nükleosentezi).

olay ufku Hiçbir şeyin kaçamayacağı limiti ortaya koyan, bir *kara deliği* çevreleyen hayali yüzey. Uzayda varlığını ortaya koyacak fiziksel bir işaret olmadığı anlamda hayalidir, tıpkı Dünya'nın yüzeyinde ekvatorun nerede olduğu söyleyen doğal bir işaret olmaması gibi. Ama dışarıdan gelip olay ufkunu geçen bir şeyin asla kaçamayacağı anlamda gerçektir; sanki ekvator üzerinden Kuzey Yarımküreden Güney Yarımküreye geçtiğinizde, asla bir daha kuzeye dönemeyecekmişsiniz gibi. Ve denemeden asla bilemezsiniz.

paralel dünyalar *bkz. Birçok Dünya Varsayımı*
paralel evren *bkz. Birçok Dünya Varsayımı*
parsek (pk) Astronomide kullanılan uzaklık ölçüsü. 1 pk 3,2616 *ışık yılına* karşılık gelir.
Planck ölçeği *Planck uzunluğu* büyüklüğünde olan herhangi bir şey için kullanılan genel terim.
Planck sabiti Genellikle *h* şeklinde yazılan, *elektron* gibi bir *kuantum* nesnesinin dalga boyu ile *momentumunu* bağıntılayan çok küçük bir sayı.
Planck uzunluğu Bir şeyin olabileceği olası en küçük boyut, boyutun *kuantumu*. Santimetre cinsinden, kabaca ondalık virgülü takip eden 32 sıfır ve bir adet 1 ile oluşan sayıdır.
Planck zamanı Olası en küçük zaman birimi, zamanın *kuantumu*. Saniyeler cinsinden, kabaca ondalık virgülü takip eden 42 sıfır ve bir adet 1 ile oluşan sayıdır.
Poincaré çevrim zamanı *bkz.* Poincaré tekrar zamanı
Poincaré tekrar zamanı İstatistiksel olarak, bir kutuda hapsedilmiş *atomlar* gibi bir sistemin atomlarının hiçbir dış etki olmaksızın herhangi seçilen bir duruma geri dönmesi için gereken zaman.
potansiyel enerji Bir şeyin konumu veya durumu sayesinde sahip olduğu enerji. Eğer daha düşük bir enerji durumu mevcutsa (örneğin su bir dağ gölündeyse) düşük enerji durumuna hareket edilerek potansiyel enerji serbest kalabilir (örneğin su aşağı aktığında).
pozitron Elektronun karşı-madde eşi.
proton Bir *atomun çekirdeğinde* bulunan pozitif yüklü parçacık.
pulsar Uzaydaki bir radyo feneri gibi, radyo gürültüsü vuruları yayımlayan döner bir *nötron yıldızı*.
Saman Yolu Evimiz olan galaksinin ismi; aynı zamanda büyük harf ile *Galaksi* olarak da söylenir.
Schrödinger'in kedisi Kuantum fiziğinin bir versiyonuna göre, aynı anda hem ölü hem de canlı olabilen uydurma bir kedi.
Schwarzschild yarıçapı Bir *kara deliğin olay ufkunun* yarıçapı.
sefe Astronomların ortalama parlaklığı ve ne kadar uzakta olduğunu hesaplayabilecekleri şekilde parlaklığını değiştiren, bir çeşit değişken *yıldız*.

sicim *bkz.* Sicim teorisi

sicim manzarası Çoklu Evrenin sicim teorisi açısından tanımı.

sicim teorisi Noktasal parçacıklar yerine, titreşen sicimlerin küçük döngüleri açısından dünyanın birkaç tanımından biri. Bazı versiyonlarda bunlar 'açık' sicimler de olabilir.

soğuk kara madde (CDM) *Kara maddenin* başka bir ismi.

solucan deliği İki *kara deliği* birleştiren uzay-zaman boyunca bir tünel.

süpernova Yaşamının sonunda belli bir *kütleden* fazlasıyla beraber bir *yıldızın* patlaması. Kısa bir süreliğine bir süpernova, *Güneş* gibi sıradan yıldızların tüm *galaksisi* kadar parlak bir şekilde parlayabilir. Bir süpernova arkasında ya *nötron yıldızı* ya da *karadelik* yapısında bir artık bırakır.

süpernova Ia (SnIa) *Evren* boyunca uzaklık göstergesi olarak kullanmada faydalı olan, hepsi aynı parlaklığa sahip belli bir *süpernova* çeşidi. SnIa çalışmaları, *kara enerjinin* bir sonucu olarak Evrenin genişlemesinin ivmelendiği gösterir.

süpersicim teorisi Sicim teorisi için kullanılan başka bir terim.

tamamlayıcılık Tek bir modelin gerçekliğin tanımını yapmak için yetersiz olabileceğini söyleyen *kuantum fiziği* özelliği. Örneğin bir *elektron* koşullara göre bir dalga veya parçacık şeklinde tanımlanabilir. Bunlara elektronun tamamlayıcı özellikleri denir.

tayf Beyaz ışık bir prizma tarafından ayrıştırıldığında gözüken renkli ışığın gökkuşağı deseni. Görebildiğimiz renklerin çeşitliliği kırmızıdan turuncuya, sarıya, yeşile, maviye ve koyu maviden mora kadar uzanır. Kırmızı en uzun, mor ise en kısa dalga boyuna sahiptir.

tayf ölçüm Bileşimini ortaya çıkarmak için bir nesneden gelen ışığı analiz etme tekniği. Hidrojen veya karbon gibi her *element*, *tayfta* belirgin çizgiler üretirler, tıpkı bir parmak izi veya bir barkot gibi.

tekillik Sıfır hacimde bir nokta veya sıfır genişlikte bir çizgi.

tekrar zamanı *bkz. Poincaré tekrar zamanı*

termodinamik *Enerji, entropi* ve *ısının* bilimsel araştırması. Bu kitapta *istatistiksel mekanik* ile eşanlamlı kullanılmıştır.

termodinamiğin ikinci kanunu Isı her zaman sıcak bir nesneden soğuk bir nesneye akar, asla tersi olmaz. Bilimsel olarak bu, kapalı bir sistemin *entropisinin* sürekli artacağı anlamına gelir. Ya da günlük dilde, her şey eskir.

ters-kare kanunu Kütleçekimde olduğu gibi, 1'in aradaki uzaklığın karesine bölünmesiyle düşen bir etkiyi tanımlayan bir kanun. Uzaklık ikiye katlandığında, etki dörtte birine düşer.

ufuk *bkz. Olay ufku*

uzama Zaman ve uzayın üç boyutunu içeren dört boyutta, uzunluğun karşılığı

uzay-zaman *Genel görelilik teorisi* tarafından tanımlanan, üç uzay boyutu ile dördüncü boyut olan zamanın birleşimi.

uzay-zaman diyagramı *Minkowski diyagramı* ve *Feynman diyagramına* bakınız.

uzunluk kısalması Hareket eden bir nesnenin hareketinin doğrultusunda boyunun kısalması.

üst üste binme durumu Bir kuantum sisteminin aynı anda iki farklı (veya daha fazla) durumda var olma kabiliyeti. *bkz.* Schrödinger'in kedisi

X-ışını Enerjili bir *foton.*

yıldız İçerisindeki nükleer reaksiyonlar tarafından enerji serbest bırakıldığı için parlayan, bir *gezegenden* kat kat büyük olan, sıcak bir gaz topu. *Güneş* bir yıldızdır.

yıldız nükleosentezi *bkz. Nükleosentez*

zaman genleşmesi Hareket eden bir gözlemci için zamanın uzaması. Hareket eden bir saat daha yavaş ilerler.

zar Brane, 'Membrane' (zar) kelimesinden türetilmiş, herhangi bir sayıda boyuta sahip yüzeyleri tanımlamak için kullanılan terim. Bir sicim 1-zardır, iki boyutlu bir kâğıt 2-zardır, vs.

zayıf kuvvet Atom altı parçacıklarının radyoaktif bozunumunda etkili kısa-erimli kuvvet.

DİZİN

2 spinli bozonlar 171-173
Akıllı Tasarım 222-225
alanlar 59-60, 92-93, 127-129, 139-141, 144-148, 150-151, 180-182, 190-191, 200-203
Albrecht, Andreas 154-155, 161
Aristoteles 110-111
astronomik birim (AU) 235
atomlar 29-30, 35-36, 62-65, 77, 112-115, 122, 137-139
azot 117-118
baloncuk evrenler
  çoklu baloncuk evrenler 177-179
  ebedi enflasyon 190-192, 200-201
  enflasyon (şişme) 155-158, 162-164, 187-188
  simülasyonlar 200-201
  zaman oku 133-136, 159-160
Barbour, Julian 100-103
Barrow, John 165-166, 176-177, 206-207
baryonik madde 54-57
baryonlar 54-56, 71
Bekenstein, Jacob 202-205
Benford, Gregory 224-225
Berilyum 55-58, 60-61
beşinci boyut 174-176
Biggle, Lloyd Jr. 50
Birçok Dünya Yorumu
  Birçok Dünya Yorumu'nun açıklaması 26-27, 39-40
  Çoklu Evrenin versiyonu 43-45
  diğer evrenler 82-83
  Everett 49, 51-52
  kozmik manzara 194-195
  kuantum dünyası 79, 84-85, 105-106
  O-bölgeler 165-166
  paralel evrenler 48
  sicim teorisi 226-227
bit 86-87, 202-204
Bohr, Niels 41-43, 195-196
Boltzmann dalgalanması fikri 122
Boltzmann, Ludwig 114-120, 121, 124, 133, 148-149, 159
Boltzmann'ın beyni paradoksu 160, 162, 165-166, 207-208
Bondi, Hermann 148-149
Bousso, Raphael 190-191, 194-199-201
Bruno, Giardano 17-19, 23-25, 221-222
büyük çökme 70, 131-132, 186-187
Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC) 144-147, 180-181, 200-201, 220-221, 226-227
Büyük Patlama
  'büyük sekme' 131-135
  'standart' Büyük Patlama 161
  3 zar çarpışma modeli 183-188
  baloncuk evrenler 190-192
  Boltzmann dalgalanma fikri 122
  Büyük Patlama açıklaması 22-24, 48
  Büyük Patlamanın kökenleri 138-141, 145-146
  enflasyon (şişme) 155-156
  Evren 75, 125, 144-145, 147-148, 164
  galaksiler 54-55
  hidrojen ve helyum 54-55, 60-62, 70-71
  ilk yıldızlar 215
  Kararlı Hal teorisi bkz. Kararlı Hal teorisi
  kozmolojik sabit 66-67
  tasarlanmış Büyük Patlama 122-123
  yıldızlar 54-56
  zaman oku 112-113, 115-116
  zamanı terse çevrilmiş Büyük Patlama 209-210
'büyük sekme' 131-135
Calabi-Yau çok katmanları 190-193

C-alan 150-151, 156-157
Carter, Brandon 53-54
CERN 144-145, 167-168
Chandrasekhar limiti 237
Chuang, Isaac 92-93
Clausius, Rudolf 115-117
Climbing Mount Improbable (Dawkins) 212-214
Companion to the Cosmos (Gribbin) 72
Copernicus, Nicholas 17-18, 53-54
Cosmic Code, The (Pagels) 36-37
Cosmic coincidences (Rees/Gribbin) 53-54
çift yarık deneyi 33-37, 82-83, 85, 103-106
Darwin, Charles 25-26, 219-220, 222-224
Davies, Paul 194-195
Dawkins, Richard 212-214
De Sitter, Willem 146-147, 159
Deutsch, David 26-27,51, 81-85,87, 89-92, 95-96, 100-108, 195-197, 206-207, 226-227
DeWitt, Bryce 43-44, 48-52
Dick, Philip K. 120-121
Digges, Leonard 109-110
Digges, Thomas 18-20, 109-110
DNA 31-32, 216-220, 223-225
doğal seleksiyon 217-220, 222-225
Dünya
  doğal seleksiyon 217
  dünyanın simülasyonu 207-208
  dünyanın yaşı 22-23
  entropi 111-112
  kütleçekim 62-63, 75-76, 178-179
  yaşam 210-211, 217-219
Dvali, Georgi 181-184
ebedi enflasyon *bkz.* enflasyon
Eddington, Arthur 30-31
Einstein, Albert 20-24, 33-35, 40-41, 43-44, 75-76, 129-131, 146-147, 163-164, 173-175, 226-227
Einstein-Rosen köprüsü *bkz.* solucan delikleri
elektrik 60-61, 140-141, 174-180
elektromanyetizma 61-63, 77, 134, 139-140, 144-145, 173-175, 176-177
elektron volt (eV) 56-58
elektronlar
  dalgalar/parçacıklar 30-37, 204-205
  kuantum dünyası 86
  parçacıklar 139-143
  sicim teorisi 167-169, 171-172, 179-181
  zarlar 182-183
Endless Universe (Steinhardt/Turok) 183-184
enerji
  enerji/zaman 31-33
  potansiyel enerji 59-60
enflasyon
  baloncuk evrenler 210-211
  Büyük Patlama 155-156
  enflasyonun açıklaması 138-139
  galaksiler 147-148
  Guth 146-149
  kaotik/ebedi enflasyon 153-162, 166, 194
  Kararlı Hal Teorisi 151-152
  kütleçekim 188-189
  tekilliklere yakın madde 136
  zarlar 181-185, 187-188
entropi
  döngüsel evren 209
  entropinin açıklaması 111-113
  karadelikler 202-203
  kozmoloji 132-134
eşlenik değişken31-32, 141-142, 238
Euler beta fonksiyonu 167-168
Everett, Hugh 26-27, 39-46, 48, 49-52, 77, 81-82,84-85, 123-124, 195-196, 226-227
evrim 25-26, 66, 207-208,210-213, 217-219, 222-224
Fabric of Reality, The (Deutsch) 26-27, 83-84
faz uzayı 94-96
Feniks modeli 186-190
Feynman diyagramı 239
Feynman, Richard 33-36, 41-42, 172-173
fotoelektrik etkisi 33-34
fotonlar 34-35, 83-85, 105-106, 133-134, 139-140, 141-143, 167-173, 180-181, 239

Friedmann, Alexander 131
Galaksi *bkz.* Saman Yolu
galaksiler
Büyük Patlama 54-55
diğer evrenlerdeki galaksiler 163-164
enflasyon 147-148
galaksilerin baskınlığı 68
galaksilerin biçimleri ve büyüklükleri 20-21, 65
galaksilerin büyümesi 73-75
galaksilerin hareketi 69, 127
galaksilerin keşfi 19-20
'geri bakma zamanı' 23-25
'geri çekilme hızı' 21-22
karadelikler 215
Galileo, Galilei 18-19, 65
gama ışınları 158-159
Gamow, George 129
Gershenfeld, Neil 92-94
Gold, Thomas 148-149
'Göreli Durum' (Everett) 43-45, 48
Graham, Neill 50
gravitonlar 169-173, 180-182, 184-185
Green, Michael 169-173
Guth, Alan 145-149, 152-157, 166, 220-221
Harrison, Ted 220-222, 225-227
Hawking ışıması 202-205, 220-221
Hawking, Stephen 132,202-205
Heisenberg, Werner 31-32
Helmholtz, Hermann 116-117
helyum 54-58,59-62
hidrojen 54-56, 59-62
Hoyle, Fred 22-23, 54-59, 98-100, 133-134, 148-152, 215-216, 226-227
Hubble hacmi 123
Hubble parametresi *bkz.* Hubble sabiti
Hubble sabiti 240
Hubble, Edwin 20-21
Humason, Milton 20-21
Hume, David 221-222
Inflationary Universe, The (Guth) 220-221
ışık
ışığın davranışı 30-31, 33-35
ışık hızı 23-24, 240
ışık yılı 19-20, 23-24, 58-59, 123, 164, 240
ikili sistem 240
istatiksel mekanik 240
James, William 25-26
Jammer, Max 49-50
Jeans, James 110-111
Jordan, Pascual 129
kalıp evren modeli 100-101
Kaluza, Theodor 173-174
Kaluza-Klein teorisi 173-175
kaotik enflasyon (şişme) *bkz.* enflasyon
karadelikler
de Sitter uzayı 159
entropi 202-203
Evren 75, 142-143, 214-215
galaksiler 215
Hawking ışıması 202-205, 220-221
kapalı evrenler 72
kara deliğin açıklaması 241
kütleçekim/madde 130, 135
Saman Yolu 215
tasarımcı evrenleri 224-225
tekillikler135, 137-138
Yaşam 211-212, 215-216
Yıldızlar 215-216
kara enerji 72, 126, 135, 158-159, 187-188
kara madde
kara madde arayışı 71
kara maddenin açıklaması 54-55
kara maddenin yoğunluğu 74
Kararlı Hal teorisi 48, 124-125, 148-152, 241
Karbon 55-59, 215-216, 224-225
karşı-madde 241
karşı-parçacık 241
Kelvin sıcaklık ölçeği 116-117, 129, 186-187
Kelvin, Lord 116-117
kırmızıya kayma
kırmızıya kaymanın açıklaması 20-22
kozmolojik kırmızıya kayma 22-23
kızılaltı 216, 241
kinetik enerji 56-60, 128, 181-182, 186-187

klasik fizik 241
klasik termodinamik 125, 127
Klein, Oskar 173-174
kompaktifikasyon 173-178, 189-195, 209-210
Kopenhag Yorumu 35-43, 85, 195-196
kozmik ardalan ışıması 54-55, 74, 123-124, 150, 188-189
kozmik ışınlar 242
Kozmik Manzara 191-193, 194-196, 200-202, 210-213, 216-217
kozmik manzara *bkz.* sicim teorisi
kozmoloji
  antropik kozmoloji 13-14, 26-27,53-56,68, 190-191, 194, 216
  entropi 132-134
  genişleyen Evren 66
  kozmolojik sabit 21-22, 66-68, 72, 131, 159, 194, 200-201
  M-teorisi 190-191
  nedensel parça kozmolojisi 160, 162
  sonsuzluk 110-111
kritik yoğunluk 69-71
kuantum bilgisayarları 85-88, 90-97
kuantum dalgalanmaları 141-143, 147-148, 153, 155-159, 165-166, 184-185, 190-193, 200-201, 214
kuantum elektrodinamiği (QED) 140-141, 174-175
kuantum köpüğü 212-213
kuantum kütleçekimi döngüsü 172-173
kuantum noktası 91-93
kuantum ölçeği *bkz.* Planck ölçeği
kuantum paralelliği 87-88
kuantum teorisi
  belirsizlik 164
  Birçok Dünya Yorumu 48, 77, 79, 84-85, 105-106
  Bozonlar 171-172
  Deutsch/Everett 51, 82-83
  görelilik 203-204
  Hoyle 99-101
  kuantum durumları 103-106
  kuantum teorisinin açıklaması 29-30
  kütleçekim 137-138, 140-141, 209
  parçacıklar 139-142
  parçacıkların yapısı/davranışı 30-43
  sicim teorisi 172-174,194-195
  sonsuzluk 169, 171
kuarklar 144-145, 168-169, 171-172, 189-190
kuasarlar 243
kuvvetler
  bkz. kütleçekim
  elektrozayıf 145-146
  güçlü 60-61, 140-141, 145-146, 179-180
  zayıf 61-62, 140-141, 144-146, 179-180
kübit 87, 91-93
kütle 243
kütleçekim
  diğer kuvvetler 145-146
  enflasyon 188-189
  entropi 128-129, 185-188
  Evren 54-55, 69-70,143-144, 185-186
  evrendeki genişleme 131
  genel görelilik teorisi 223-224
  Güneş 64, 178-179
  karadelikler 130, 135
  kozmik mikrodalga ardalanı 188-189
  kuantum kütleçekim teorisi 137-138,140-141,209
  kütleçekimin açıklaması 243
  kütleçekimin nasıl işlediği 128-129
  kütleçekimin negatifliği 186-188, 210-211, 220-221
  kütleçekimin yapısı 75-77
  kütleçekimin zayıflığı 61-67, 178-180
  kütleçekimsel alanın açıklaması 139-140
  kütleçekimsel dalgalar 188-189
  sicim teorisi 169, 171, 172-175, 178-179
  termodinamik kanunu 127
Lambda (Λ) alanı 66-68, 72-73
'Lectures on Gravity' (Feynman) 172-173
Life of the Cosmos, The (Smolin) 210-211

Linde, Andrei 154-159
Lodge, Oliver 26-27
Man's Place in the Universe (Wallace) 25-26
manyetizma 139-141,174-179
Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics, The (DeWitt/Graham) 50
manzara *bkz.* sicim teorisi
Maxwell denklemleri 243
Maxwell, James Clerk 77, 134, 139-141, 174-175
Merkür 223-224
metaevren 243
Minkowski diyagramı 243
Misner, Charles 41-42
moleküller 31-32, 62-65, 77, 192-193
momentum 243
M-teorisi 177-179, 183-184, 189-191, 202-203
Mysterions Universe, The (Jeans) 110-111
Nambu, Yoichiro 168-169, 171-172
Narlikar, Jayant 150-152
Nature of the Physical World, The (Eddington) 30-31
nebulalar *bkz.* galaksiler
nedensel parça 160, 162, 194-195, 226-227
negatif enerji 129
neon 112-113
Newton fiziği *bkz.* klasik fizik
Newton, Isaac 18-19, 29-30, 75-76, 223-224
Nimmo, Andy 26-27
'nine paradoksu' 45-47
Novikov, Igor 103-106
nötron yıldızı 102-103
nötronlar 59-60, 105-106, 142-145, 171-172
nükleer manyetik rezonans (NMR) 92-93
nükleonlar 59-61
nükleosentez 244
October the First is Too Late (Hoyle) 98-99
oksijen 55-56, 58-60, 117-118
Olay ufku 244
onbirinci boyut 177-179, 181-188
Onsagar, Lars 126
Ovrut, Burt 183-184
Pagels, Heinz 36-37
Pantin, Cari 78-79
paralel dünyalar 45-46
parçacık fiziği *bkz.* kuantum teorisi
Pathria, R. K. 142-143
Penrose, Roger 132
Planck
  Planck ölçeği 245
  Planck parçacıkları 151, 154-156
  Planck sabiti 245
  Planck uzunluğu 151, 191-192, 204-205
  Planck zamanı 140-141, 145-146, 151
Planck, Max 140-141
Poincare tekrar/çevrim zamanı 115-116
Poincare, Henri 114-116
Polchinski, Joe 179-181, 190-191, 194
pozitronlar 139-142
Price, Huw 135
Prigogine, Ilya 126
Prognostication Everlasting (Digges) 18-19
protonlar 59-60, 144-145, 171-172, 179-180,182-183, 201-202
pulsarlar 245
'Quantum Physics and Reality' (Talbot/Biggle) 50
Rees, Martin 53-54, 59-60, 78-79
renormalizasyon 169, 171
Romer, Ole 23-24
Sakharov, Andreas 165-166
Saman Yolu
  daha genç galaksiler 150
  diğer galaksilere olan benzerlik 73-74
  disk galaksi 20-22
  karadelikler 215
  kütleçekim 178-179
  Samanyolu'nun açıklaması 245
  uzayda bir ada 18-20
Satürn 18-19
Schrödinger'in kedi deneyi 31-32, 37-42, 46-47, 86

Schrödinger, Erwin 37-38
Schrödinger'in Kedisinin Peşinde (Gribbin) 102-103
Schwarz, John 169, 171-173
Schwarzchlid yarıçapı 219-221
Sciama, Dennis 142-143
Shor, Peter 88, 90-93
Shor'un algoritması 90-96
sicim teorisi
  Birçok Dünya teorisi 226-227
  elektronlar 167-169, 171-172, 179-181
  Kaluza-Klein teorisi 175-176
  Kozmik Manzara 194, 196-197, 200-202
  kütleçekim 169, 171-175, 178-180
  M-teori 176-179, 189-190
  sicim teorisinin açıklaması 167-172
  tüm olası evrenler 217
Smolin, Lee 172-174, 210-221, 224-227
soğuk kara madde (CDM) *bkz.* kara madde
Sorbo, Lorenzo 161
Stapledon, Olaf 221-222
Star Maker (Stapledon) 221-222
Starobinsky, Alexei 152-153
Steinhardt, Paul 154-155, 183-189
tayf/tayf ölçüm 18-21, 69, 246
tekrar zamanı bkz. Poincare tekrar zamanı
ters kare kanunu 75-76, 128, 168-169, 178-179, 194-195, 247
ufuk *bkz.* Olay ufku
uzay
  ağır elementler 55-56
  boş uzay 155-156
  de Sitter Uzayı 158-160
  düz uzay 143-144
  enerji 141-142
  enflasyon bkz. enflasyon
  genişleyen uzay 70-71
  görelilik 46-48, 66, 72-73
  kozmolojik sabit 67
  sonsuz 109-111, 119-120, 163-164
  uzayın boyutları 75-77, 175-176, 182-183, 187-191, 209-210
  uzayın buruşması 130
uzayzaman 98-99, 100-102, 154-157, 160, 172-177, 184-185, 209-212
uzayzaman diyagramı *bkz.* Feynman diyagramı; Minkowski diyagramı
yaşam
  DNA 31-32
  Dünya'da yaşam 210-211, 217-219
  Evren 17-18, 53-54, 226-227
  evrenler 75-79, 135, 154-156, 182-183, 195-196
  karadelikler 211-212, 215-216
  nükleer verimlilik 61-62
  yaşamın kimyasal elementleri 55-59
  yaşamın oluşumu 22-24, 25-26, 135, 154-156, 182-183, 195-196
yıldız nükleosentezi *bkz.* nükleosentez
yıldızlar
  anakol yıldızı 235
  Büyük Patlama 54-56
  ısı enerjisinin savrulması 115-116
  karadelikler 215-216
  madde 66
  termodinamik denge 127
  uzak nesneler 18-19
  yıldızların gruplanması 23-24
  yıldızların oluşumu 216
  yıldızların yaşamı 60-61
zarlar 179-188
  1 zar 182-183
  2 zar 186-187, 189-190
  3 zar 180-184, 185-188
  D-zar 180-181, 200-201
  karşı-zar 182-183
  p-zar 177-178

ALFA BİLİM SERİSİ

Atomların Dansı
Marcus Chown / çev: İmge Tan

Tanrı Beyni
L.Tiger & M. McGuire / çev: Ayşe Seda Toksoy

Mem Makinesi
Susan Blackmore / çev: Nil Şimşek / Önsöz: Richard Dawkins

Şakanın Ardından
Alan Sokal / çev: Gülsima Eryılmaz

Düşüncenin Kökeni
Andrew Koob / çev: Nilgün Güngör

Büyük Buluşlar
Jon Queijo / çev: Ekin Duru

İnanan Beyin
Michael Shermer / çev: Nurettin Elhüseyni

Uzayın ve Zamanın Doğası
Stephen Hawking & Roger Penrose / çev: Umur Daybelge

Biraz Kuantumdan Zarar Gelmez
Marcus Chown / çev: Taylan Taftaf

101 Soruda Kuantum
Kenneth W. Ford / çev: Barış Gönülşen

Memetik Evrim
Robert Aunger / çev: Sinem Çevik

Empatik Beyin
Christian Keysers / çev: Aybey Eper

Sevişen Beden
Sharon Moalem / çev: Begüm Turgut

Nasıl Yaşarız Neden Ölürüz
Lewis Wolpert / çev: Cansu Bilgici,Tufan göbekçi

Hazzın Bilimi
Paul Bloom / çev: Ahmet Birsen

Madde ve Bilinç
Paul M. Churchland / çev: Berkay Ersöz
Önsöz: Saffet Murat Tura

Virüs Gezegeni
Carl Zimmer / çev: Müzeyyen Aykaç

Üç Adımda Evren
David Garfinkle & Richard Garfinkle
çev: Deniz Guliyeva Tarcan

Dost ve Düşman Bakteriler
Anne Maczulak / çev: Burcu Münevveroğlu

Yapay Maymun
Timothy Taylor / çev: Nimet Aylin Muhaddisoğlu

Rastlantı ve Zorunluluk
Jacques Monod / çev: Elodie Eda Moreau

Benim Gözümden Dünya
Albert Einstein / çev: Demet Evrenosoğlu

Uranyum Savaşları
Amir D. Aczel / çev: Barış Gönülşen

Sınırların Ötesi
Miguel Nicolelis / çev: Kerem Çiftcioglu

Arşimet'in El Yazmaları
Reviel Netz & William Noel / çev: Zennur Anbarcıoğlu

John Gribbin

Çoklu Evrenler

KUANTUM FİZİĞİNİN EVRENLERİ

Evrenimiz birçok evrenden sadece biri midir?
Modern fiziğin en büyüleyici gizemleri bize bunu gösteriyor gibi. Diğer evrenlerin bizden önce geldiği, bizimkinin yanı sıra süzüldüğü veya bizimkini yansıttığı ne kadar imkansız gözükse de buna dair kanıtlar şaşırtıcı biçimde ikna edicidir.

Şaşırtıcı ve karmaşık fikirleri en basit ifadelerle anlatmadaki yeteneğiyle bilinen ünlü bilim yazarı ve astrofizikçi John Gribbin, *Çoklu Evrenler* kitabında okuyucuyu gerçekliğin sınırlarına doğru sıra dışı bir yolculuğa çıkartıyor. Kuantum fiziği, termodinamik, sicim teorisi ve Evren'in doğası hakkındaki en yeni araştırmaları ele alarak, güncel kozmolojiye yaptığı bu harikulade gezinti aynı zamanda yerleşik bilim dünyasının ötesine, teorik fizikçilerin daha henüz sormaya başladığı hayret verici sorulara doğru yol alıyor.
Eğer evrenimiz üç boyutlu ve sonsuz ise, nasıl başka bir şeyin içinde olabilir? Bu alternatif evrenlerin birine seyahat etmek mümkün müdür? Parçacıklar oraya her an seyahat ediyorlar mıdır? Bilim adamları ona seyahat edemeden nasıl Çoklu Evren'in varlığını kanıtlayabiliyorlar?

"Popüler bilim şahaseri."
—Sunday Times (London)

"Gribbin her şeyi çok sade bir üslupla anlatıyor, tek bir denklem kullanmadan."
—David Goodstein, The New York Times Book Review

THG
0501524
LNR

ALFA
alfakitap
alfakitap
alfakitap
www.alfakitap.com
9 786051 064758
BİLİM