

Keyifli Okumalar Dileriz

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

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

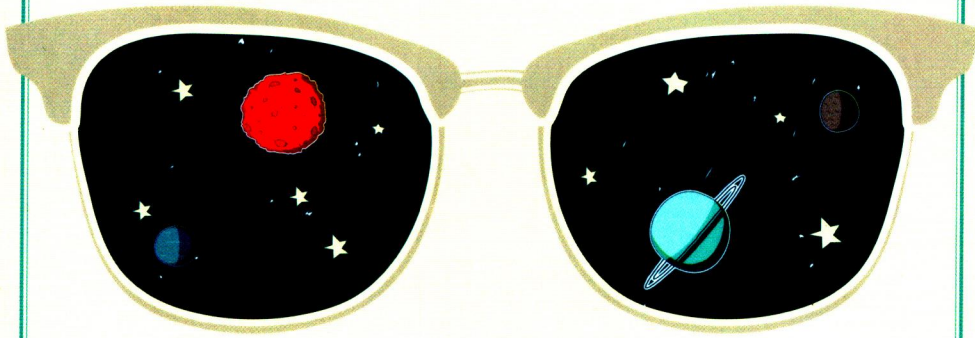
Yedek ve Duyuru Kanallarımız

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

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

LEE SMOLIN EVRENİN YAŞAMI

“..Niagara şelalelerinden dökülen bilgi suları içinde
okuru fiziğin metafizik sınırına götürüyor”
-Curt Supplee, *The Washington Post*



Geçmişten Geleceğe Evrenin Evrimi

Evrenin Yaşamı

© 2011, ALFA Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.

The Life of the Cosmos

© 1997, Lee Smolin

Kitabın Türkçe yayın hakları Brockman, Inc 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 Cankocak

Redaksiyon Mehmet Ata Arslan

Kapak Tasarımı Füsün Turcan Elmasoğlu

Sayfa Tasarımı Mürüvet Durna

ISBN 978-605-171-063-1

1. Basım: Mayıs 2015

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.

Alemдар Mahallesi Ticarethane Sokak No: 15 34110 Fatih-İstanbul

Tel: 0(212) 511 53 03 Faks: 0(212) 519 33 00

www.alfakitap.com - info@alfakitap.com

Sertifika no: 10905

LEE SMOLIN EVRENİN YAŞAMI

Geçmişten Geleceğe Evrenin Evrimi

Çeviri
Ömür Akyüz

ALFA® | BİLİM

İÇİNDEKİLER

Teşekkürler, 9

Önsöz: Dolanımlar-Devrimler, 11

Giriş, 19

BİRİNCİ KISIM

TEMEL FİZİKTEKİ BUNALIM

1	IŞIK VE YAŞAM	33
2	ATOMCULUĞUN MANTIĞI	41
3	YILDIZLARIN MUCİZESİ	48
4	BİRLEŞTİRİLME DÜŞÜ	61
5	SİCİM KURAMI DERSLERİ	74

İKİNCİ KISIM

UZAY VE ZAMANIN EKOLOJİSİ

6	FİZİK YASALARI EVRENSEL Mİ?	95
7	EVREN EVRİLDİ Mİ?	112
8	HAFİYELİK İŞ	133
9	GÖKADANIN EKOLOJİSİ	143
10	OYUNLAR VE GÖKADALAR	159

ÜÇÜNCÜ KISIM

KOZMOS'UN ÖRGÜTLENMESİ

11	YAŞAM NEDİR?	173
12	İLGİNÇ BİR EVRENİN KOZMOLOJİSİ	197
13	ÇİÇEK VE ONİKİYÜZLÜ	216
14	FELSEFE, DİN VE KOZMOLOJİ	234
15	İNSANCI İLKENİN ÖTESİNDE	245

DÖRDÜNCÜ KISIM

EINSTEIN'IN MİRASI

16	YENİ KOZMOLOJİ'DE UZAY VE ZAMAN	259
17	NEWTON'DAN EINSTEIN'A GİDEN YOL	270

18	EINSTEIN'İN GÖRELİLİK KURAMININ ANLAMI	283
19	KUANTUMUN ANLAMI	292

KISIM BEŞ EINSTEIN'İN ÖCÜ

20	KOZMOLOJİ VE KUANTUM	311
21	ÇOĞULCU BİR EVREN	323
22	EVREN: BİR İLİŞKİLER ŞEBEKESİ	334
23	ZAMANIN EVRİMİ	345

SONSÖZ: EVRİMLER	356
KOZMOLOJİK DOĞAL SEÇİLİMİN SINANMASI	364
NOTLAR	391
SEÇME KAYNAKLAR	406
BİLİM VE FELSEFE TERİMLERİ SÖZLÜĞÜ	413
DİZİN	419

*İşte tüm yaratılmış şeylerin her birinin
geri kalan hepsine olan bu ilgisi yahut
uygunluğu; her basit tözün tüm
ötekilerini ifade eden ilişkileri
olmasına, dolayısıyla da evrenin
canlı ve devamlı bir aynası
olmasına neden olur. Tıpkı aynı şehir,
başka başka taraflarından bakıldığı zaman
bambaşka ve derinlikçe büyümüş
göründüğü gibi, basit tözlerin
sonsuz çokluğundan dolayı o ölçüde
başka başka evrenler varmış gibi görünür.
Halbuki bunlar her monadın başka
monaddan farklı olan bakış noktasına göre
tek evrenin türlü görünüşlerinden
başka bir şey değildir. Böylece
mümkün olduğu kadar çok türlülik
elde edilir, fakat mümkün olan en
büyük düzen ile; yani bu, mümkün
olduğu kadar yetkinlik elde edilir.*

–W. Leibniz, *Monadoloji*, 56-58, 1714¹

¹ Suut Kemal Yetkin'in çevirisi –çok küçük düzeltmelerle– 2. baskı MEB, 1962 –çn.

TEŞEKKÜRLER

Kitabın yazılışı sırasında yardımı ve öğüdü olan herkese –alınana da, yoksanana da– yeterince teşekkür etmek mümkün değil. En önce, Julian Barbour, Louis Crane ve Carlo Rovelli ile yıllar boyu süren dostluk, birlikte çalışma ve tartışmalar, içinde düşüncele-
rimin geliştiği çerçeveyi sağladılar. Kitabı yazarken fikirlerim sık sık Saint Clair Cemin ve Donna Moylan’la yaptığımız görüşme-
lerle biçimlendi. Onların içgöröleri ve yüreklendirmeleri kendi çalışmalarından örnekler kadar paha biçilmez. Metnin her par-
çasının müsveddeleri üzerindeki kritik notları ve uzman öğütleri için birçok kimseye minnet borcum var. Bunlar arasında, astro-
nomide Jane Charlton, Bruce Elmegreen, Eric Feigenbaum, Piet Hut, Martin Rees ve Larry Schullman; biyolojide, Stuart Kauffman ve Harold Morowitz; matematik ve fizikte Louis Kauffman, Chris Isham, Ted Jacobson, Fotini Markopoulou, Silvia Onofrie, Roger Penrose, Andrew Strominger ve John Stachel ve de felsefede, Paola Brancaleoni, Drucilla Cornell, Simon Saunders ve Abner Shimony bulunuyor. Diğer birçoğuyla yaptığımız görüşmeler çok konudaki görüşlerimi biçimlendirmekte yardımları kritik oldu. Bunlar ara-
sında da Abhay Ashtekar, John Baez, Per Bak, John Barrow, Gerald Brown, Mauro Carfora, Greg Chaitin, Paola Ceseri, Shyamoli Cha-
udhuri, Elizabeth Curtiss, John Dell, Freeman Dyson, Valerie Fro-
lov, James Hartle, Gary Horowitz, Anna Jagren, Alejandra Kandus, Karel Kuchar, Peter Meszaros, Holger Nielsen, T. Padmanhaban, James Peebles, Anna Pigozzo, Jorge Pullin, Amelia Rechel-Cohn, Stanley Rosen, Alan Sokal, Steven Shenker, Frank Shu, David Smo-
lin, Leonard Susskind, Gerard ‘t Hooft ve John Archibald Whee-
ler. Ioanna Makrakas, Julius Perel ve Madeline Schwartzman’ın yararlı öğüt ve geribeslemeleri oldu. Birçok adsız okur da yararlı eleştiriler sağladılar. Bunları son müsveddede yanıtlamaya çalış-
tım. En çok da annem ve babam Pauline ve Michael Smolin, stili üzerinde her bakımdan öğüt verdiler.

John Brockman ve Katinka Matson'a yayıncılık dünyasının kararsızlıkları arasında yönlendirmesi kadar yüreklendirmesi ve dostluğu için de. İlk editörüm Peter Guzzardi ilk aşamalarda yol gösterdi, Oxford'daki editörüm Kirk Jensen'e birçok öneri ve çok yüreklendirme için minnet borçluyum. Kitabı yazdığım dönem süresince Princeton'daki İleri Çalışmalar Enstitüsünün² ve Cambridge Üniversitesinin Newton Enstitüsünün, Rockefeller Üniversitesinin ve Trieste'deki Uluslararası İleri Çalışmalar Yüksek Okulunun³ araştırma ve düşünme için sağladıkları uyarıcı havasından çok yararlandım. Ulusal Bilim Vakfı⁴ uzun yıllar araştırmalarımı destekledi, onlar aracılığıyla hem görelilikçiler topluluğuna hem de geneliyle Amerikan halkına bu tür çalışmalara olanak sağladıkları için borçluyum. En sonunda da Angela ve Frank Rovelli'ye, Alejandra Kandus'a Engelbert Schuking'e ve Alan Sokal'a, yazma işinin çoğunu yaptığım yuvaları sağladıkları için teşekkürü zevk bilirim.

1990-1996

Syracuse, Verona, Buenos Aires, State College-New York City

² The Institute for Advance Studies –yn.

³ SISSA-Scuola Internazionale Superiore di Studio Avanzati –yn.

⁴ National Science Foundation –yn.

Önsöz

DOLANIMLAR-DEVİRİMLER¹

Öykünün anlattığına göre Kopernik² ilk ve son kitabını, ömrünün son yarısını geçirdiği ve Diyakozluk³ yaptığı kuzeydoğu Almanya'da, yaşadığı şatonun kulesinde ölüm yatağında eline aldı. Kitap, *Gök Kürelerinin Deveranı Üzerine*⁴ adını taşıyordu. Bu ad zamanla hem bilge hem sıradan insanların dünya görüşlerinde öyle bir köklü değişim aşıladı ki köklü siyasal ve felsefi değişim için kullanacak kelimemiz oldu. Bu kitapta Kopernik, Evrenin merkezinde Dünya'nın değil Güneş'in bulunduğunu ve Güneş'in, yıldızların ve gezegenlerin devrimlerindeki pek çok gizemin bu basit hipotez ile açıklanabileceğini anlatıyordu.

Kopernik efsanesi ve bunu ardından gelen devrim, bilimi, bunun gücünü ve Avrupa, sonra da Dünya uygarlığındaki rolünü tanımlama ve açıklama görevini başka herhangi bir olaydan daha iyi yaptı. Çoğu efsane gibi bu da bir parça gerçeklik, bozulma ve saptırılma içerir. Örneğin Kopernik'in, yayımlanmasını elinden geldiği kadar geciktirdiği doğru olsa da bunu Katolik Kilisesi tarafından kovuşturulma korkusuyla yaptığı doğru değildir. Ömrü boyunca işvereni olan Kilise bu çalışmasında onu destekledi; bir Papa bile bu yeni fikirlere olan ilgisini belirtti. Bu çekingen dev-

¹ "Revolution" çoğu batı dillerinde hem "deveran-dolanma" hem de "devrim" anlamına gelir, hatta "devrim" kelimemiz de "deveran"dan türetilmiştir. Yazar, anlaşılan Kopernik, gezegenlerin Güneş çevresinde dolandığını aşağıda değinilen kitabında anlatarak bir devrim yarattığından, bu kelimeyi bu çift anlamından dolayı kullanıyor. Metinde hemen görüleceği gibi bunun "devrim" anlamında kullanımı Kopernik'in bu kitabından sonra belirmeye başlamış –çn.

² Özgün adı önce *Mikolaj Kopernik*, gençliğinde *Niklas Koppernigh*, Almanca'da *Nikolaus Kopernikus* olduğundan Latince'den bozma *Kopernikus* yerine *Kopernik* demeyi yeğliyorum –çn.

³ Bir tür yöre rahibi –çn.

⁴ *de Revolutionibus Orbium Coelestium*. Kısa şekli *de Revolutionibus*'tur –çn.

rimci, daha olasıdır ki yalnızca, zıtlasma doğurmaktan ve hem sağduyuya hem de yerleşik bilime aykırı olan bir görüş yüzünden küçük görülmeekten korkmuştu.

Gerçek ne olursa olsun, emin olabiliriz ki eğer kitabındaki dolanımlardan/devrimlerden, içinde bulunduğukinden ne denli farklı bir evren doğabileceğini bilmiş olsaydı daha da çekingen olurdu. Çünkü Güneş'le Dünya'nın rollerini değış tokuş etmenin dışında Kopernik Devrimi dediğimiz dünya görüşündeki değışimlerle ilişkilendirdiğimiz basamakların çoğuna kitapta değinilmiyor bile. Kopernik için, hatta Kepler ve Galileo için bile Evren sonlu ve küreseldi ve ancak bilinen altı gezegenin yörüngelerini içine alacak kadar büyüktü. Uzak yıldızlar ise sınırı oluşturan en dış küreye çakılıydılar. Devrimin bu başlıca yandaşlarının, evrenin, o yıldızlar küresinin hemen dışında bekleyip izlemekte olan Tanrı tarafından altı bin yıl önce yaratıldığından kuşkulandıklarına ilişkin hiçbir delil yok.

Modern dünya görüşümüze götüren daha köktenci kavramlar Kopernik'ten sonra geldi. Uzayın sonsuz ve yıldızların başka güneşler olduğunu ve çevrelerinde başka gezegenler ve de bunların üzerlerinde başka insanlar bulunduğunu savlayan, "mistik"liği seçmiş gizemli keşif Giordano Bruno oldu. İşte onun 1600'de Roma'nın Çiçekler Meydanında (Campo di Fiori) canlı canlı yakılması, Kilisenin otoritesi ile kutsal metinlere, Dünya'nın hareketli olmasını doğuracak yeni yorum getirmek gibi ufak bir sorundan çok, yukarıdakiler ve diğer hezeyanlar yüzünden oldu. Kopernik'in, gelecek yüz elli yıl içinde yeni bir evren görüşünü şekillendirecek merkezi düşünceler, yani dünyada, yeryüzünde ve de gökyüzünde her şeyin atomlardan yapıldığı ve her hareketin basit ve evrensel yasalarla yönetildiğı hakkında da bir fikri yoktu. Gerçekten de en sonunda, evrenin Newton'ın, harika kitabı *Principia*'da birleştirdiğini gördüğümüz yeni resmi ile Kopernik'in yüz elli yıl kadar önce yayımlanan yapıtı arasındaki uzaklık Kopernik ile çağdaşları arasındakinden çok daha fazladır. Kopernik bir devrimi başlattı ama "sonucunu onaylar mıydı onaylamaz mıydı?" dersek yanıtı kuşkuludur.

Fizik ve kozmolojideki ikinci büyük devrim bu [20.] yüzyılın açılış yıllarında başladı. Bu, kuantum kuramı ve görelilik orta-

ya konularak karşımıza çıkarıldı. Bunların her ikisi de Newton fiziğinden belirgin şekilde ayrıdır. Bu iki kuram son biçimlerini sırasıyla 1916 ve 1926'da aldılar. Ancak görelilik ve kuantum kuramlarının temel biçimleri altmış yıldan fazladır evrilmediyse de dünya görüşünde onların gerekli kıldığı devrim henüz bitmedi. Bunun sebebini görmek çok kolay. Kopernikçi devrimin devirdiği Aristotelesçi *dünya görüşü*, insanların bilebildiği evrende olan ya da olabilecek her şeyi açıklayabiliyordu; uzay ve zamanın ne olduklarını, kozmosun biçimini ve ne içerdiğini, değişikliğin niçin ve nasıl olduğunu. Kopernik devriminin sonucu olan, Newtoncu *dünya görüşü* de bütüncül, birleşik bir kuram olup o zaman kavranan kozmosun her şeyine uygulanıyordu. Ancak, Newtoncu *dünya görüşü* 20. yüzyılda devrildiyse onun yerine geçen bir değil iki yeni kuram oldu. Bu iki kuram hem eski hem yeni olguları açıklamayı başardı ama ikisi de evrensel olma savında bulunamadı. Neden her ikisi için de diğerinin varlığı. Kuantum kuramı kütleçekim olgularını başarıyla kapsamak zorunda, Einstein'ın görelilik kuramı ise kuantum kuramını yadsıyıp, sırf kütleçekimini, maddeyi Newton'ın dünya görüşü hâlâ geçerliymişçesine ele alarak açıklıyor.

Bu bakımdan kuantum ve görelilik kuramlarının yaratılışlarıyla başlayan devrim ancak, bunların, bize doğanın kapsamlı bir resmini verebilecek tek bir kuramda birleştirilmesiyle tamamlanabilir. Bugün böylesi bir kuramın kurulması, kuram fizikçilerinin yaptığı pek çok çalışmanın ana amacı olup birçok değişik fikrin peşinden faal olarak gidilmektedir. Son on yıl içinde bizi bu amaca daha yaklaştıracak bazı kayda değer gelişmeler oldu; gene de hiç kimsenin kuantum kuramıyla göreliliğin birleştirilmesi olarak tamamıyla doyurucu bir kuram kurmayı beceremedi. Bunun ise, her iki kuramın ya da birisinin temel ilkelerinde köklü bir değişme olmadan üstesinden gelinebileceği pek açık değil.

Kuantum kuramıyla göreliliğin başarılı bir birleştirimi, ileride ayrıntılarıyla anlatacağım nedenlerle evrenin bütününe ilişkin bir kuram olmak zorunda. Bize, tıpkı Aristoteles ve Newton'ın daha önce yaptıkları gibi uzay ve zamanın ne olduklarını, kozmosun ne olduğunu nesnelerin nelerden yapıldığını bu nesnelerin nasıl yasalara uyduklarını söylemesi gerekir. Böyle bir kuram doğanın

ne olduğuna ilişkin anlayışımıza kökten bir değişim –devrim– getirecek. Bu, geniş çapta yankılanmalar da doğuracak, olasılıkla kendimizi ve evrenin geri kalanıyla olan ilişkimizi anlayışımıza bir değişim getirecek ya da ona katkıda bulunacaktır.

Bu devrim bittiğinde ne tür bir evrende yaşıyor olacağız? Bu soruya ilişkin, devrimi bitirecek kuramın temel biçiminin bilinmediği bugün, güvenle pek az şey söyleyebiliriz. Çünkü kavrayamadığımızı icat edemeyiz. Yeni kuramın oluşumu, sonucu düşünme girişimlerimizi içermek ya da belki incelemek zorundadır. Bu kitap böylesine bir girişimdir.

Bu kitap, dürüstçe söylersek spekülatif olduğundan amacında ve temellerinde okurun yanıltılmaması için çok berrak olmalıyım. Kitabı yazan kişi yıllardır kuantum kuramı ile [genel] göreliliği birleştirecek bir kuramı kurma girişimi içinde bulunuyor. Bir bilim insanı olarak belli bir başarısı oldu, ama bütününe bakıldığında bu amacı gerçekleştiren bir kuramı kurmayı, bu çaba içinde bulunan herkes gibi beceremedi. Böylece okurun elinde tuttuğu, kesin konuşmak gerekirse bir bilim yapıtı olmuyor. Anlatıma açıklık getirmek için parçacık fizikinden, kozmolojiden, görelilikten ve kuantum kuramından birçok şeyin açıklaması yapılacak. Bunların çoğu yerleşik bilgidir ama henüz bilimin parçası sayılmasına yetecek kadar sınanmamıştır. Hangisinin hangisi olduğunda çok açık olmaya çalışacağım.

Bunun yerine bu kitabın asıl yaptığı, kuantum mekaniği ve görelilik kuramını birleştirme problemini incelediğim ve üzerinde çalıştığım yirmi yıldır zihnimde biçimlenen bir vizyonu çiziktirmeye girişmek. Bu vizyon bugüne dek tamamlanmış bir kuram çerçevesinde gerçekleşemedi; bunu yapmayı becerebilseydim çok değişik bir kitap yazıyor olurdum. Bu bana bir fizikçi olarak işimde güdü sağladı ama daha başta itiraf etmeliyim ki burada belirleyeceğim fikirleri gerçekleştirmek için matematiksel çerçeve kurmaktaki başarım, işin hedefleriyle kıyaslandığında alçakgönüllü kalır.

Dolayısıyla bu kitapta sunduklarım içten bir kurgu, isterseniz, fantezidir. Bu fantezi değişik kaynaklar ve sorunlardan esinlendi; kimi fiziksel ve matematiksel, kimi biyolojik, diğerleri felsefi. Benzer olarak bu kitap sıradan insanları, felsefecileri, biyologları,

astronomları ve kendim gibi yüksek enerji fizikçilerini içeren çok değişik okurlara hitap ediyor. Gerçekten, bu görüşlerde kullandığım bilimsel fikirlerle ve felsefi zemine tanış olanların sayısı oldukça az olduğundan epeyce yaygın bir okur kitlesi için yazmam gerekiyor. Dolayısıyla bu kitap, eğer yazmaya değerse felsefi zemini bilim insanlarına, bilimsel sorunları da felsefecilere açıklamam gerekir. Sonra da kitabı dünyaya ilişkin genel merakı olan herkes için anlaşılabilir kılmak için yapacak pek az şey gerekecek, işte ben de bunu yaptım.

Sunacağım bakış açısı kişisel olacağı için zaman zaman kendi geçmişimden ve evrimimden bir şeyler getirirsem okurun aldırmayacağını umarım. Bunu, bencil görünme pahasına yapıyorum; özellikle okurlarım arasında bilim insanı olanlara karşı. Kendi düşüncelerimizin öyküsünü ortaya dökmek bilimsel söylemde yaptığımız bir şey değil. Bunun iyi nedenleri var ve de her ne kadar bir bilim insanının görüşlerinin nesnel, yansız görülmesine karşıysam da görünüşte nesnel ve kişisel dışı olmanın yani olağan bilimsel çalışmanın bir amacı var. Bu, bir tür alçakgönüllülüğü –her nasıl bir kişisel evrimden geçmiş olursa olsun önünde sonunda bir değer taşıyacaksa– bunu her bilim insanının kabulleneneğine ilişkin bir kanıyı ifade eder.

Ancak riske gireceğim, iki nedenle. Bu, sanırım önce kitabı bilim insanı olmayanlar için daha ilginç yapacak. Çünkü onlar, biçimsel bilim monologlarını paylaşmadıklarından kişisel bir öyküyü, nesnelliğin klişeleşmiş sergilenişinden daha iyi benimserler. İkinci olarak da bilim insanı olmayanların bizi daha yakından, insan olarak görmelerinin daha iyi olduğunu düşünüyorum. Bu, kimliğimizdeki, yaptıklarımızdaki gizemi kaldırdığı gibi, toplumda bilimin edinmiş olduğu otorite göz önüne alındığında sanırım pek de kötü bir şey olmasa gerek. Ancak, şunu da vurgulamak isterim ki insanların bilime girme yolları bilimdeki fikirler ve bakış açıları kadar çeşitlidir. Tipik bir bilim insanı diye bir şey yoktur.

Bana gelince... Benim fizikle bağlantım 1970'lerin başlarında lise öğrencisiyken başladı. "Rock and roll," devrimci siyaset diye anladığım bir şey ve kız arkadaşımın boğazıma kadar dolmuştum. Matematik de okuyordum fakat gerçekten sevdiğim için değil, ama lisem benim ileri matematik dersleri alacak kadar zeki ol-

madığıma karar vermiş; ben de onlara yanıldıklarını kanıtlamak için üç yıllık ileri matematik dersini bir yıl içinde okudum. Başlangıçta onların eğitime ilişkin düşündüklerinin yanlış olduğunu göstermek ve eğer "rock and roll" kadar ciddiyetsiz değilse de bir yeraltı gazetesi çıkartmak başka şey ya, yavaş yavaş matematiğin de o denli eğlenceli olduğunu keşfediyordum.

On birinci sınıfta Buckminster Fuller'in⁵ lisemizde konuşma yapmasını sağladım. Onu dinledikten sonra da tutkuyla mimar olmak istemeye başladım. Ertesi yıl odam kamış, pipo temizleyicisi ve iplikten kubbeler, asma binalar ve başka sıra dışı yapılarla doldu; özellikle kıvrımlı ve uzatılmış jeodezik kubbeler, yani her türlü eğri yüzeylerle yapılmış binalar. Aşırı gelişmiş bir sorumluluk duygusu, bunların kimi şanssız müşterilerin tepelerine düşmeyeceklerinden emin olmak için beni bu eğri yüzeylerde gerilmelerin nasıl hesaplanacağını merak etmeye yönlendirdi; kütüphaneye giderek "tensör hesabı" denilen bir şeyi öğrenmem gerektiğini anladım. Şansıma, tutkum beni yeteri kadar matematik öğrenmeye götürmüştü ki bu konudaki kitapları okuyabildim. Yine şansıma tensör hesabı tam da Einstein'ın kendi uzay ve zaman kuramını kurarken kullandığı şeydi. Dolayısıyla bu konudaki her kitap görelilik kuramı üzerine bir bölümle bitiyordu.

Göreliliğe ilişkin daha çok şey öğrenmek için kütüphaneye gittim. Orada Einstein'a ithaf edilmiş bir metinler kitabı buldum, Paul Schilpp derlemişti. Önsözünde Einstein'ın tek otobiyografi denemesi⁶ bulunuyordu. Her ne kadar çabucak bilimsel otobiyografiye geçse de baştaki birkaç sayfada, büyüyüşünü ve bilime girme nedenlerini anlatıyor. Şimdi, ben o sıralarda düş kırıklığı içinde bir gençtim. Müzik topluluğum dağılmış, kız arkadaşım terk etmiş ve güzelim devrimimize gelince ... bir şey söylemem gerekir mi? Einstein benzeri bir melâl içinde (şimdi eminim çok daha iyi bir nedenle) bilimi aşkın bir tutku olarak betimliyordu. Bununla insan, basitlikten, geçicilikten ve insan yaşamının savaşlarından yükselerek gerçek, kalıcı ve dünyanın doğasını vurgulayan güzellik ve doğruluğa konuk olabiliyor. Bunun dozu on

⁵ Çelik kafes örgülü küresel kubbe tasarımını (Montreal Biosphere) geliştiren ünlü mimar -çn.

⁶ "Autobiographical Notes" -çn.

altı yaşında başarısız bir “rock-and-roll” yıldızına fazla gelmişti. Ve de birden düşündüm ki hayatta hiç başka şey yapamayacak sam belki de bunu yapabilirdim. O anda karar verdim kuram fizikçisi olacaktım.

Yazının gerisinde Einstein 1950’de gördüğü haliyle kuramsal fiziğin zavallılığı üstünde durarak onu batırmış. Onun görelilik kuramı uzay ve zamanın ne olduklarına ilişkin anlayışımızı devrimleştirdi ama dünyadaki bilinen olguların çoğunu açıklayacak görüşü verecek resmi oluşturmayı başaramadı. Özellikle atomlara, onu oluşturan parçacıklara ve bunların ışıkla etkileşmeleri ne, elektromanyetik alanlara ve atomu bir arada tutan diğer kuvvetlere ilişkin söyleyebileceği hiçbir şey yoktu. Yirminci yüzyılın önemli fiziği, en azından deneysel bakış açısı bakımından atom ve çekirdek fiziği olduğuna göre bunun anlamı fiziğin büyük bir kısmı için görelilik, en iyisinden yersizdi. Ama Einstein için daha da kötü olan, atomlar ve çekirdekler dünyasında başarılı olduğu kanıtlanmış olan kuram onun için çok az anlam taşıyordu.

Bu kuram yani kuantum mekaniği, doğuşunu başka herhangi bir kişi kadar Einstein’a da borçludur. Ama kuramın son biçimi ona 1926’da varmış olduğu haliyle temel bir fizik kuramının ölçütlerine uygun görünmüyordu. İşe yaradığını teslim ediyordu ama kabullenemedi. Kuantum mekaniğinin artan başarısı, Einstein’ı gittikçe daha gereksiz –güncel deyişle marjinal– duruma düşürüyordu. Gerçekten de Einstein yaşamının son yirmi yılını boş bir girişimle bir kuram, kuantum mekaniğinin üstüne çıkacak bir kuram, birleşik alan kuramını icat etmeye harcadı. Einstein buna erişmedeki başarısızlığının farkındaydı ve o yazısında sıkı sıkıya verdiği mesaj, görelilik ve kuantum kuramlarının başarılarını bir araya getirecek bir kuram bulununcaya dek, dünyanın ne olduğunu bize verecek tamamlanmış bir kuram olamayacağıydı. Fiziğin en yüksekteki görevi bu resmi sağlamak olduğuna göre, bu olmadıkça görelilik ve kuantum kuramının tüm deneysel başarılarına karşın bu en derin anlamda hiçbir fizik kuramımız yok.

Böylece Schilpp’in kitabını kütüphaneden aldıktan iki gün sonra artık yalnız bir mesleğim değil bir misyonum da vardı. Fizik öğrenecektim, kuram fizikçisi olacaktım ve kuantum kuramıyla görelilik arasındaki ilişki problemini ele alacaktım. Toplumda bir

devrim olmayacaksa hiç olmazsa belki benim katkıda bulunabileceğim bir çeşit devrim vardır.

Üniversiteye başlamadan önce birkaç ay için Los Angeles'ta metal levhacı çırağı olarak bir işe girdim. Sıcak ve belirsiz bir yazdı, bilim insanı olma niyetimden emindim ama kimyadan kaldığım için fizik bölümüne kabulüm reddedildi ve nihayet liseden ayrılıp kendi kendime çalışmaya başlamıştım. İşimde –kamyonetimi geri geri patronun Cadillac'ına çarptığımı saymazsak– fena değildim ama işler yavaş gidiyor biz de çoğu zaman boş oturuyorduk. Pek onlardan sayılmazdım ama bana iyi davranıyorlardı. Kimse de boş olduğumuz öğleden sonraları güneşte oturup *Lectures on Quantum Mechanics* ve *What is Life?*⁷ adlı kitapları okumama karşı gelmiyordu. İşte böylesi boğucu bir günde yanıtlamaya kendimi hasredebileceğimi umduğum üç soru yazdım.

1. Evren nedir?
2. Birinci sorunun yanıtı bağlamında, canlı nedir? Yaşam nedir?
3. İlk iki sorunun yanıtları bağlamında, insan nedir? Bizler kimiz?

Bu kitaba, soruların ilk ikisinden, o günden beri geçen sürede öğrendiklerimi koymaya çalıştım.

⁷ *Kuantum mekaniği dersleri ve Yaşam nedir? –çn.*

Giriş

Evren nedir? Sonsuz mudur, sonlu mu? Ezelden mi gelir yoksa zaman bir ilk anda mı başladı? Başladıysa ne başlattı? Bu soruları herkes merak eder ve her kültür bunlara ilişkin öyküler söyler. Bu öykü, insanlığın bilgi ve kültürü genişledikçe, bilinen evren de genişleyip kurgulama ile mitoloji itilip geriletilerek ardışık evreler halinde değişip, büyüdü.

Şimdi yirminci yüzyılın sonunda, evreni anlayışımız artarken, artışın bir diğer basamağının eşiğinde duruyoruz. Görelilik, kuantum ve genişleyen evrene ilişkin öğrendiklerimizi tek bir çerçevede kaynaştırmaya girişirken anlayışımızın büyük devrimci dönemlerinden birisinin ortasındayız. Bu çerçeve, işe başladığım sorulara olduğu kadar bu [20.] yüzyıldaki gelişmelerin ivedileştirdiği başka sorulara da yanıtlar sağlamalıdır, örneğin: Evrende niçin hayat var? Evren niçin böylesi çeşit çeşit güzel nesnelerle dolu? Fizik yasaları ezelden gelen gerçeklikler mi yoksa onlar evrenle birlikte mi yaratıldılar? Evreni bütün bir sistem, parçalarının toplamından daha fazla bir şey olarak kavrayıp anlamak mümkün mü?

Bu devrimi tamamladığımızda, yirminci yüzyıl bilimindeki değişik gelişmeleri birleştirmeyi başardığımızda evreni nasıl göreceğiz? Şüphesiz bilmediğimizi kabullenerek başlamalıyız. Öykü tamam değil. Devrimi, Kopernik'in başlattığı devrimi Newton'ın sonlandırması gibi sonlandıracak büyük sentez henüz icat edilmedi. Ancak, inanıyorum ki yeni evrenin neye benzeyeceğini gösterecek bir resim belirmekte. Bu kitabın amacı işte bu yeni resmi betimlemek ve ona niçin inanç duyduğumu anlatmak.

Kozmolojinin bu yeni resmi için deliller birçok değişik yön ve kaynaktan gelmekte. Bunlar ilk başta, gözlemci astronom ve kozmologların evrenin örgütlenmesine ilişkin yenilerde derledikleri bilgilerden geliyor. Evrenin, basit bir gerçeklik olarak, evrilmekte ve değişmekte oluşunun ötesinde, önceleri düşlediğimizden çok daha dinamik, çok daha girift yapıları, çok daha ilginç bir evrende

yaşadığımızı farkediyoruz. Dahası öyle gözlemlerle karşı karşıya-
yız ki bunlar, eğer güncel kurama inanılabilecekse evrene ilişkin
görüşümüzü, görünen büyüklüğünün hatırı sayılır bir kesrine
ve zamanda geriye, neredeyse başlangıcına dek genişletecektir.
Gözlemsel astronomi önceki bilim insanı kuşaklarının yalnızca
düşleyebileceğini yapmaya, evrenin bütününe ilişkin bir görünüş
sunmaya başlıyor.

Başka tür bir delil kuantum kuramıyla göreliliği bütün evrenin
birleşik bir kuramı içinde toparlama girişimlerinden gelmekte. Bu
problem tamamıyla çözülmüş değilse de son on yıl¹ içinde be-
lirli bir ilerleme kaydedildi. Bunu yapmak için, önceleri doğayı
anlayışımıza temel gibi görünen belli fikirleri terk edip yenilerini
benimsemeliyiz. Bu heyecan verici bir öykü. Henüz bitmedi, ama
bizim yeni evrenin neye benzeyeceğine ilişkin bir şeyler öğrene-
bilmemize yetecek kadar yol almış bulunuyor.

Bu yeni görüş için daha da başka deliller felsefeden geliyor.
Felsefe bilimsel soruları çözüme bağlayamaz ama oynayacağı bir
rol var. Azıcık felsefi düşünme, bizi kötü bir fikre ve karşılaştığı-
mız, uzay ve zamanın anlamı gibi derin sorularla boğuşmuş olan
birçok kişiye kapılıp kalmaktan alıkoyarak oynamamız için yeni
hipotezler önerebilir.

Gözlem ve kuramda son yıllardaki muazzam ilerleme elimiz-
deyken, karşımızda duran acil bir soru var: Bilimi bütün evreni
sarmalamak için genişletmek ne demek olabilir? Ayrıca eğer bu
mümkünse, güncel kuramlarımızı nasıl evirmeliyiz ki bunu yap-
abilelim?

Şu inancı edindim ki kuramsal fizikteki sonuçlanmamış kilit
problemlerin çoğunu çözeceksek karşımıza almamız gerekli mer-
kezi sorun budur. Evren hakkında bir bütün olarak nasıl düşün-
düğümüz, kuantum kuramıyla genel göreliliği birleştirme proble-
mi, temel parçacıkların özelliklerinin kökenini anlama problemi,
kuantum kuramının yorumu problemi, Büyük Patlamaya neyin
"neden" olduğu problemi, evrenin niçin yaşama elverişli olduğu
sorusu gibi çeşitli soruları karşımıza almalıyız. Bunlar, kimilerin-
de kısmi ilerleme kaydetmiş olsak da, çözmekte başarısız olduğu-
muz problemlerin tümüdür. Benim açımdan bunun sebebinin bir

¹ 90'lı yıllarda -çn.

kısmı, bir kuramın bütün evrene anlamlı bir şekilde uygulanabilme yollarının eldeki kuramlarımızdan farklı olma zorunluluğuna yeterince dikkat etmememizdir.

Çok fazla çaba ziyan etmeden önce, konusu bütün evren olan bilimsel bir kuramın varlığının bile olanaklılığını sorgulayalım. Bunun niçin cüretli görünebileceğine ilişkin kesinlikle iyi gerekçeler var. Evren, tanım olarak, var olan her şeyi içerir. Öyleyse, bunun minik bir kesrinden fazlasını hiçbir zaman öğrenemeyeceğimizi nasıl düşleyebiliriz ki?

Bilimin bütün evreni sarmalayacak gibi genişletilip genişletilemeyeceğini sormaktan kastım, var olan her şeyi bilip bilemeyeceğimizi sormaktan oldukça başka bir şey. Bu sorunun aslı şöyle: evrenin bütününü, tek ve her yeri birbiriyle ilişkili bir sistem olarak *anlayabilir* miyiz? Ne demek istediğimi belirtmek için bilimin, son 400 küsur yılda evrenin betimini bir bütün olarak değil küçük parçalarıyla yaptığını saptamakla başlayayım. Örneğin atomlar, çekirdekler, canlılar, yıldızlar, gökadarlar, vb için kuramlarımız var. Her bir durumda evrenin, bütününe kıyasla çok küçük bir bölgesinde bulunan bir şey üzerinde çalışmaktayız.

Son üç yüzyılda evrenin parçalarını anlayışımızda harika ilerleme gerçekleştirdik. Ancak, evrenin belli bir parçasını betimlemenin bütününe ilişkin bir kuram yapmaktan daha çok farklı bir şey olduğu takdir edilmelidir. Bunun, açıklaması kolay olan çok basit bir sebebi var. Uygulamada, evrenin bir parçasını geri kalanından gerçekten tamamıyla kopukmuş gibi betimleyemeyiz. Kuramımızın amacı yalnız bir tek atomu betimlemekse, evrenin geri kalan yanları da betime girer, en azından örtük olarak. Bir şeyin nerede ya da ne zaman olduğunu betimlemek gibi basit bir eylem bile evrenin geri kalanıyla örtük bir bağlantı içerir. Bu nedenle, evrenin parçalarını betimleyen tüm kuramlar, iyice anlam kazanmak için aslında evrenin geri kalanını da gerektirir.

Evrenin belli bir parçası üzerinde çalışırken dışarda kalanlara *ardalan* diyelim. Ardalan, kuramın konusu olmadığından hep sabit varsayılır ve bu her vakada, incelenen sistemin özelliklerinin belirlenmesi için gerekli malzemeyi veya çerçeveyi sağlar. Örneğin bir atom üzerinde bir deney yapacaksak, atomu "görmek" için kullandığımız aygıtlar ardalanın parçalarıdır. İnsan kişiliği üzerine bir

kuram yapıldığında sık sık toplumun doğasına ilişkin, sabit tutulan, dolayısıyla ardalanın parçası olan varsayımlar vardır. Ya da hareketin bir kuramını yapıyorsak uzay ve zamana ilişkin belli saptanmış varsayımlar yaparız, bunlar da ardalanın belli yanlarını oluşturur.

Evrenin bir parçası üzerinde çalışırken böylesine bir ardalan kullanılması ayıp değil. Bir kere, nesnelerin özelliklerini, sabit olarak alabileceğimiz referans noktalarına göre betimleyebilmemiz çoğu kez yararlıdır. Problem, bütün evren için bir kuram yapmaya kalkıştığımız zaman ortaya çıkar, çünkü bu durumda sistemin dışında hiçbir şey yoktur. O zaman, evrendeki nesnelerin özelliklerinin kendisine göre betimlenebileceği sabit bir ardalan da olmaz. Evrenin nerede olduğunun ve ne zaman çıktığının sözünü edemeyiz. Yalnızca içinde olanlardan söz edebiliriz. Sabit bir ardalan olmadan da bir şeylerin nerede ve ne zaman olduğunu betimleyebileceğimiz referans noktaları ise diğer olaylardır.

O zaman bütün bir evrenin bir kuramını yapma problemi, betimlediğimiz sistemin dışında var olan ya da olduğunu düşleyebileceğimiz hiçbir şeye referans vermeden bir kuram kurma problemidir. Evrendeki parçacıklar, atomlar, alanlar, yıldızlar, gökadarlar gibi nesneler kadar uzay ve zamanın kendilerinin de özellikleri hakkında, bir kez dahi bu nesnelerden birisi olmayan ve dolayısıyla evrenin dışında kalan bir şeye başvurmadan konuşmanın bir yolunu bulmak zorundayız.

Bu sorun yeni değil. İnsanlar bilimle ilgilenmeye başladıklarından beri bütün evrenin kuramının, belli bakımlardan herkesin kurduğu kuramlardan farklı olması gerektiğine işaret edenler oldu. Newton'ın fiziği büyük bir edimdi ama sabit bir ardalanın kullanımına ağırlıklı olarak dayanıyordu. Bu nedenle de hiçbir zaman bütün evrenin kuramı olarak boy gösteremezdi. Newton 17. yüzyılın sonlarında kendi denklemlerini yazdığı sıralarda bile onları bu gerekçeyle eleştirenler vardı. Bu eleştirenler arasında büyük filozof ve matematikçi Leibniz de vardı. Onun hakkında gelen sayfalarda konuşma fırsatım olacak. Felsefe tarihinden bir şeyler bilen okurlar, burada söyleyeceklerimin pek de yeni olmadığını kolaylıkla tanıyacaktır.

Ancak, şimdiki konumumuz Newton'ı 17. yüzyılda eleştirenlerinkinden çok farklı. Newtoncu bilimin devrilmesinden artakalan

yıkıntılarının içinde yaşıyoruz. Bir eski çağ tapınağından kalan dağınık taşlar arasından yemyeşil bir orman gibi birden büyüyen yeni bulgulara bir anlam vermeye çalışıyoruz. Durumun kafa karışıklığı ve umut vericiliğinde güncel kuramlarımız, elde olanlarla –hem eski bilimin taşları hem de yeninin gövde ve dalları– yapılmış geçici birer konut. Ödevimiz bunları uyumlu, kalıcı ve umarız eski Newtoncu bina kadar güzel bir şeyde kaynaştırmak.

Newton'ın biliminden büyüyen dünya görüşünün altında yatan, maddenin, uzay ve zamanın, bir bütün olarak evrenin ne olduklarına ilişkin varsayımlar yatmaktadır. Bir başarı sağladıklarından bu varsayımlar pek sık sorgulanmadı, en azından bilim çevrelerinde. Sözüünü etmekte olduğum delillerin hepsi bunları sorgulamamız gerektiğini söylüyor. Üzerlerine evrenin Newtoncu resminin yapıldığı temel ilkeler, evrenin ezeli ve ebedi olduğu, her şeyin mutlak ve değişmeyen yasalara uyan parçacıklardan yapıldığı ve evrende her şeyin, en nihayetinde bu mutlak yasaların etkisine indirgenebileceği fikrini içeriyor. Bu görüş doğruysa tek temel bilimi, bu parçacıkların ne olduğu ile nasıl devinip etki-leştikleri üzerinde çalışılmasıdır. Başka her şeyin, ister biyoloji olsun ister astronomi bu temel parçacıklar ve uydukları yasalar cinsinden anlaşılması gerekir. O zaman, çevremizdeki bütün canlı Dünya bir bakıma rassal ve tarihsel olarak anlaşılacak zorundadır. Doğada gerçek gereksinim ya da esas olan şey temel parçacıklar ve yasalardır.

Bu bakış açısına sık sık karşı gelinir çünkü yaşamı ucuzlatıp, varoluşumuzu anlamsızlaştırıp, güzelliği önemsizleştirir gibi görünür. Bu gibi savlar bilim için pek bir önem taşıymıyordu, çünkü bu bakış onun olağanüstü gelişmesinde gerekli temel taşıydı. Şimdi, bu kriz anında görünen ise, “meydan okunmak” gereken şeyin tam da bu bakış tarzı olmasıdır. Bu bir etik sorunu ya da bizi rahatlatacak bir şey değildir. Bu görüş, artık bilim olarak işe yaramıyor.

Fizik öğrenimime başladığımda, çevremizde gördüğümüz evrenin, ezeli-ebedi ve benim gibi varoluşu kısa süren ve önemsiz olan canlıları aşan, güzel bir matematiksel yasayla biçimlenmiş olduğunu düşünüyordum. Einstein'ı kendim bir ergen olarak okurken öğrendiğim görünüm buydu. Büyürken ve yavaş yavaş fizikçi

olurken bu görüşün ilk iğfal ettiği kişi olmaktan uzak olduğumu öğrendim. Görülen ve geçici olan dünyanın ardındaki ezeli-ebedi ve mutlak olanı arayan „ fizikçilerin ve matematikçilerin arayışlarını eski çağlardan bugüne kadar güttü. Görelilik ile kuantum kuramının matematiksel güzelliği bu görüşün kesinlikle en kuvvetli teyidi olarak karşımızda dururken kim bizi suçlayabilir ki. Ama yine de bu kitapta iletişimini sağlamak istediğim bir şey; bu kuramların evrenin bütüncül bir betimine nasıl genişletileceği konusundaki zorlukların beni, evrenin temellerini, *tek başına* mükemmel ve ezeli-ebedi bir matematiksel yasanın gerçekten kavrayabileceğinden kuşkulandırmaya yol açmış olması. Bunun yerine inancım o ki almaşık bir görüşün belirtilerini görmeye başlıyoruz. Bu yeni görüşte, fiziksel evrende bulduğumuz büyük ölçüdeki düzenlilik ve kurallılığın da tıpkı canlı dünyadaki güzelliğin varoluşu gibi, yani evrenin zaman içinde kendiliğinden düzenlenme sayesinde evrülerek girift yapıya olacağı bir süreç ile doğmuş olabileceğini düşlemek mümkün olabilir.

Evrenin, sabit ve ezeli-ebedi bir doğa yasasının yansıması değil de bir kendiliğinden düzenlenme süreci sonucu var olduğunun anlaşılması gerektiği fikrini kabullenmek çoğu okura zor gelebilir. Bu fikirleri, ilk karşılaştığımda ben de reddetmiştim. Ama burada sunmak için elimden gelenin en iyisini yapacağım bir usavurma zinciriyle inanmaya başladım ki mutlak ve ezeli-ebedi bir yasa kavramından, düzen ve kuralları bir kendiliğinden düzenlenme süreciyle evrilmiş bir evren kavramına geçiş, evrenin parçalarının biliminden, bütün evrenin bilimine geçmenin doğal ve gerekli bir sonucudur.

Bu gerçekleşmenin bir diğer yüzü evrenin nasıl düzenlenmiş olduğu sorusunun da, *niçin* yapılmış olduğu kadar temel oluşunun farkına varılmış olmasıdır. Eski, Newton tarzı fiziğin bakış açısından evrenin yapısı rassaldır. Artan entropi yasası bize, on dokuzuncu yüzyıl fiziğiyle betimlenen bir evrenin doğal durumunun ölü bir denge olduğunu söyler. Ama bu kitaptaki farklı savların ortak sonucu şöyle olacak: yeni fiziğin bakış açısından karmaşıklık evrenin düzenlenmesindeki zorunlu bir yandır. Gerçekten de evrenin karmaşıklığı, yalnız içinde yaşam bulunmasının bir zorunluluğu olmayıp, yeri geldiğinde açıklayacağım gibi

bir nesnenin nerede bulunduğu ve ne zaman olduğu demek olan yirminci yüzyıldaki uzay ve zaman anlayışımız karmaşık bir evren gerektiriyor.

Bu demektir ki, içindeki yaşam, çeşitlilik ve yapının, olası görülmeyen raslantılar olduğu bir evren resmi, on dokuzuncu yüzyıl biliminin modası geçmiş bir kalıntısı olması gereğidir. Oysa yirminci yüzyıl fiziğı bunun yerine şu anlayışa götürmelidir: evren yaşama elverişlidir, çünkü eğer evren var olacaksa yapılar ve çeşitlilikle dolu olmalıdır.

Tıpkı bütün evrenin nasıl kurulacağı probleminin yeni olması gibi, bunun doğa yasalarının ne olduklarını anlayışımızdaki değişmeyi içermesi fikri de öyledir. Geçen [19.] yüzyılda, birkaç derin düşünür fizik, astronomi ve biyolojideki yeni buluşlarla karşı karşıya geldiklerinde ileri sürdüler ki, yasanın matematiksel ve ezeli olan Platoncu kavranışı, yasaların kendilerinin bir evrim ya da kendiliğinden düzenlenme süreci sonucunda oluştuğu görüşüne yol açmalıdır. Büyük kuramcı ve öğretmen John Wheeler uzun zaman önce bu görüşe vardı. Bunun kimi yanlarını, Per Bak, Paul Davies, Stuart Kauffman, Andrei Linde, Yoichiro Nambu, Holger Nielsen, Sam Schweber ve Walter Thirring gibi gibi kuramcıların yazdıklarında buldum. Dahası, Darwin'den oldukça kısa süre sonra, birden fazla filozof, evrim fikrinin bir kozmoloji kuramı kurarken önemli olacağı görüşüne varmışlardı. 19. yüzyıl sonu Amerikalı pragmatist Charles Pierce'ın yazdıklarında fizik yasalarının bir evrim sürecinin sonucu olarak anlaşılması gerektiğı bulunur. Aynı sıralarda Fransız filozof Henri Bergson, evrenin bir bütün olarak betiminin, evrenin küçük bir parçasında yalınmış basit bir fiziksel sistemden çok, canlı bir organizmanın betimine daha yakın olmak gerektiğini önermişti.

Bu filozofların kendi görüşleri için iyi nedenleri vardı. Ama yirminci yüzyıl bilimindeki ilerlemenin önemli bir parçası, *bizim* bu fikirlere işlerlik kazandırmak için ne kadar daha iyi durumda olduğumuzdur. Fizik yasalarının neyi temsil edebileceğine ilişkin anlayışımızdaki değişme üzerinde şimdi düşünebilmemizin kısmi sebebi şudur: geleneksel olarak fiziğın amacı diye alınanın, yani doğa yasalarının ne olduklarını bulmak. Çünkü şimdi elimizde, kurgulayabildiğimiz her deneyi doğru olarak açıklayan yasalar

bulunuyor. Bu görevi, değinmiş olduklarımız gibi açık kalmış soruların gösterdiği şekilde, kesinlikle bitirmedik. Ancak, yolda ciddi bir soru soracak kadar ilerledik: ama bu, “Doğa yasaları nedir?” olmayıp “Doğa yasaları niçin başka türlü değil de, onları bulduğumuz gibi?” olmalı.

Hem, böyle bir soruyu yanıtlamaya uğraşırken Pierce ve Bergson’un bir asır önceki durumlarından çok daha iyi bir konumda olmamızın bir sebebi daha var. Bu arada, bunu sordüğümüz bağlamı tamamen değiştirecek koskoca bir keşfimiz oldu: Çevremizde gördüğümüz evren ne ebedi ne de durağan. Sonlu bir süre önce doğdu ve şimdiki durumuna zaman içinde evrilerek erişti. Diyebileceğimiz kadarıyla çok değişik, “Büyük Patlama” denilen, yoğunluk ve sıcaklıkların en azından evrende şimdi bulunabileceği kadar yüksek olduğu bir durumda başladı. Dahası evren bu durumunda aslında pek de uzun bir süredir bulunmuyor. Uygun bir zaman ölçeğinde düşündüğümüzde evren, içerdiği yıldızlar ve gökadalardan ancak yaşlı. Hele Dünya’daki yaşamın geçmişinden pek de yaşlı değil.

Son yıllarda evrenimizin mevcut durumuna nasıl evrildiğine ilişkin pek çok ayrıntı toplayabildik. Bizi oluşturan elementlerin çoğunun yıldızların içinde yapılmasından öncesine, büyük olasılıkla da gökadalarn oluştuğu gerilere, yıldızsıların çağına dek görebiliyoruz. Daha da geriye, kozmik kara cisim ışımasına, evrenin bir yıldızın yüzeyindeki koşulları andırdığı zamanları görüyoruz. Ayrıca yaşamının, evrenin hâlâ daha yoğun ve sıcak olduğunu çıkardığımız ilk dakika ve saniyelerinde neler olduğunu ciddi olarak tartışabileceğimiz makul savlar toparlamayı becerebildik. Demek ki, ezeli-ebedi bir kozmosta değil, teleskoplarımız ve antenlerimizle baktığımızda olgunlaşma öyküsünü önümüze serdiğimiz genç bir evrende yaşıyoruz. Bu, bilimsel sorular olarak, yalnız çevremizde gördüğümüz evrenin nasıl yapıldığını değil *bu* evrenden önce neyin var olduğunu da sormamıza olanak verir. Bu [20.] yüzyılın son yıllarında, Büyük Patlama sırasında, belki hatta öncesinde ne olduğu sorusunun da, tıpkı kendi türümüzün kökeninden önce ne olduğu sorusunun geçen yüzyılın sonlarında yaptığı gibi yavaşça odağa yaklaştığını söylemek abartmak olmaz.

Evrenimizin genç ve evriliyor olması gerçeği doğa yasalarının kökeni sorusun epeyce değişik bir ışık tutuyor. Evren ezeli-ebedi ise doğa yasalarının niçin onları bulduğumuz gibi oldukları sorusunun yalnız iki mümkün yanıtı olur: din ve Platonculuk. Ya Tanrı (ki çoğu söylenende ezeli-ebedir) evreni yaparken doğa yasalarını da yaptı ya da onlar oldukları gibidir çünkü yasaların bir şekilde saptanmış matematiksel biçimleri vardır. Ama her ne kadar tanrıculuk ve Platonculuk ilk ağızda kutuplar kadar ayrı görünseler de bir bakıma bu iki tür açıklama aslında pek de farklı değil. Matematiksel gerçeğin ezeli-ebedi olması gerek, bir Tanrı'nın olduğu gibi. Matematiksel gerçeklik, evrende neler bulunduğu hele gerçekte evrenin var olup olmadığına bakılmaksızın geçerli olan bir şey olsa gerek. Matematiksel yasanın kurduğu bir evren, bir Tanrı'nın kurduğu bir evren gibi, ezeli-ebedi ve yarattığı evrenin dışında olan bir şey tarafından kurulmuştur.

Yok, evrenimiz ezeli-ebedi değilse o zaman yeni olanaklar açılır. Birdenbire, başlangıcını neredeyse gerçekten görebileğimiz bir evren için ezeli-ebedi yasalar ortaya atmak biraz çok görünüyor. Eğer evrenimiz kısa bir süre önce yapılabilmişse onu yönetecek yasalar da o zaman yapılmış olamaz mı? Evreni yaratan doğal süreçleri düşleyebiliyorsak evrenin uyacağı yasaları yaratabilen ya da seçebilen süreçleri de düşleyebilemez miyiz?

19. yüzyılda biyologlar türlerin ezeli-ebedi sınıflar olduğu fikrinden caymayı öğrenerek bunun yerine canlı dünyanın, kendisini doğal seçim süreciyle yapılandığı bir dinamik görüş koydular. Bundan, biyoloji için çok daha akılcı bir çerçeve kazandılar. Çünkü artık canlıların özelliklerinin nedenleri olup geçmişleri biliniyorsa bunların izi sürülebilir: bir ezeli-ebedi fikirler evreni yaratmakla akılcılığı birbirine karıştıran bir Platoncuya öyle görünmese de biyolog ve jeologlar paha biçilmez bir ders aldılar: doğal olguları zamanın içine getirerek, dinamik ve rassal yaparak, onların daha tam ve daha akılcı bir anlaşılmasını mümkün kılabiliriz.

Benzeri bir değişmenin fizik ve kozmolojiyi anlayışımızda da yer alması gerektiğini öneriyorum. Doğa yasalarının kendileri de –biyolojik türler gibi– ezeli-ebedi sınıflar olmayıp, yerine zaman içinde yer alan doğal süreçlerin yarattıkları olabilirler. Fizik ya-

salarının niçin oldukları gibi olmalarının nedenleri olacaktır, ama bu nedenler biyolojideki gibi, kısmen tarihsel ve rassal olabilecektir.

Altını çizeyim ki soru, evrenin biçimleniş şeklini sınırlayan kimi genel ilkeler olup olmaması değil; bunlar kesinlikle vardır ve de bazılarını biliyor olabiliriz. Ayrıca kişisel olarak da, sicim kuramı ile kuantum kütleçekimindeki yeni gelişmelerin bir iki ilke daha ortaya koyduğuna inanıyorum. Asıl soru bu genel ilkelerin, evrenimizin tüm özelliklerini biricik kılmakta yeterli olup olamayacakları. Önerceğim şey ise bu çok daha safiyane ve köktenci hevesin yanlışlığı olacak. Bunun yanlış olabileceğinin, uzay ve zamanın nasıl betimlendiği, atomculuğun, birleştirici ilkelerin araştırılmasıyla içsel çelişkisi gibi sorunlara ilişkin felsefi savlardan görülebileceğini anlatmaya çalışacağım. Bu, sicim kuramı ile kuantum kütleçekimindeki betimleyeceğim gelişmelerde de görülebilir.

İzleyen sayfalarda okuru şuna ikna etmeye uğraşacağım: Evreni, temel parçacıkların evrenin biçim ve geçmişinden bağımsız ebediyen sabit kalacak özellikler taşımasına dayanan, safçasına ve köktenci bir atomculukla anlama arzusu, artık eskimiş dediğimiz bir dünya görüşünü sürdürüp durmaktır. Bu, Newtoncu uzay ve zaman kavrayışının çökertilmesiyle yitip giden mutlak bir görüşe olan bir tür özleyiş izlenimi veriyor.

Bu görüşün sürdürülemeyeceğini, çünkü bunun kuantum kuramı ve genel görelilik kadar temel parçacıklara ilişkin modern anlayışımızın altındaki yeni kuramlarımızla bağdaşamadığı üzerinde duracağım. Bu kuramlar, bu yol yerine farklı yollarla, Newtoncu mutlak özellikler görüşünden, ilişkisel denilebilecek bir başka görüşe doğru adım atmaya başladı. Bu görüş yeni olmayıp, Newton'ın fiziğine saldıran Leibniz bunu savunuyordu. Bu, bütün evrenin kuramı nasıl yapılmalı sorusuna onun yanıtıydı. İlişkisel evrende nesnelerin özellikleri, bir değişmeyen ardalana göre mutlak birer sabit olmayıp, daha çok evrendeki nesnelerin etkileşimleri ve ilişkilerinden ileri gelirler. Açıklayacağım gibi, yirminci yüzyıl fiziği bu ilişkisel görüşün, doğanın daha eski Newtoncu kavranışına karşı kısmi zaferini temsil ediyor.

Ama sunacaklarım yalnızca doğa yasalarının, kendiliğinden düzenlenen doğal süreçlerle kurulma olanağının felsefi savı değil.

İçinde yalnız bu olan bir kuram örneği kurmak mümkündür. Kitabın ikinci kısmında bu kuramı sunacağım. Umarım okur bunun akılcı ve anlamlı bir almasıyı temsil ettiğini ve de bu kuramın (ya da onun gibi bir şeyin) –evrende tüm bildiklerimiz verildiğinde– doğru olduğunu kabullenir. Sunacağım bir kuram ise gerçekten sınanabildiği gibi, hâlâ evrenle kıyaslandığında ayakta kalan öngörüler yapabilmektedir. Ama bu, önünde sonunda başarılı olsa da olmasa da bu kitaptaki değişik savların işaret ettiği tür kuramın somut bir şekilde gerçekleştirebileceğini göstermekte.

Mutlak Newtoncu evrene olan özlemin bir diğer yanı ise evreni dışından, bedenden sıyrılmış bir gözlemci olarak görebilme isteğidir. Bu da, üzerinde duracağım gibi eski fiziğin bir kalıntısı olup görelilik ve kuantum kuramıyla tutarsızdır. Bunun yerine, gözlemcinin içeride kalmasına izin veren bir evrenin akılcı ve tam anlaşılabilir olarak nasıl kurulacağı problemiyle yüzleşmeliyiz. Ama gözlemciler basit nesneler olmayıp bunlara doğal olarak olanak veren ve de elverişli olan bir evren karmaşık olmalıdır. Dolayısıyla bir bütünsel evrenin kuramı, eğer kuantum kuramı ve görelilikten bildiklerimizle tutarlı olaksa karmaşık, kendiliğinden düzenlenmiş bir evrenin kuramı olacaktır.

Böyle bir evrende, temel ve beliren, düzenlenmiş ve basit, kinematik ve dinamik olgular ve belki de daha iyisi biyolojik denilenlerle fiziksel olanlar arasındaki tanıdık bölünmeler ve sıralanmalar yeniden çizilip tanımlanacak. Bu bölünmeler, 19. yüzyılda mutlak iken, bu geçiş yüzyılının [20.] ardından hangi sorunun sorulacağına, olguların hangi ölçekte yoklanacağına bağlı olacaktır. Bunu yapan bir bilim kurabilirsek evrenin, yalnız kendisiyle ilişkili ve uyumlu, dışarıdan bir yasa, anlam ve düzen verecek hiçbir şey gerekmeden bir bütün olarak betimlenmesi olanağına kapı açmış olacağız.

Bu vargıya götüren pek çok değişik sav olduğu için kitap beş kısma bölünmüştür. Her biri, evrenin herhangi bir tam kuramının yanıtlayabilmesi gereken bir basit soru çevresinde düzenlenmiştir. Sorular, bunlarla karşılaşma sırasına göre şöyle:

1. Niçin Evren yaşama elverişli? Niçin yıldızlarla dolu?
2. Temel parçacıkların özelliklerini belirleyecek tek bir temel kuram var mı? Ya da doğa yasaları da evrilmiş olabilirler mi?

3. Evrenin, böylesi çok çeşitli yapıları bulunması raslantı mı gerekli mi? Niçin evren bu kadar ilginç?
4. Uzay ve zaman nedir?
5. Biz evrende yaşayanlar, evrenin bir bütün olarak tam ve nesnel bir betimini yapabilir miyiz?

Bunların her birini sormak kolay. Ama göreceğiz ki, bunları ayrı ayrı ve bir arada yanıtlama girişimleri, atalarımızın oturduklarından çok farklı bir dünyaya pencere açacaktır.

İzleyen kitap, sorduğu sorularla ilgilenen herkes için yazıldı. İçinde hiçbir denklem olmadığı gibi, durumla yalnız popüler bilim kitapları ve gazetelerin bilim kısımlarıyla tanışıklık varsayıyor. Kitabın farklı kısımlarında, okuru ikna olmamış bırakacak kadar az ayrıntı vermekle, anlatımın ipini kaçırmaları tehlikesi doğuracak kadar fazlasını vermek arasında denge kurmaya çalıştım. Tabi kimi konulara ilişkin burada sunulanlardan daha az bilgi isteyen okurlar da olacaktır. Onları, ayrıntıları atlayarak o bölümün, tartışılanların sonuçlarının özetlendiği sonuna çağırıyorum. Öte yandan belli bir sav ya da konu üzerinde daha çok ayrıntı isteyen okurlar da bunları kitabın sonundaki notlarda ya da gönderme yapılan kaynaklarda bulabilirler.

BİRİNCİ KISIM

TEMEL FİZİKTEKİ BUNALIM

Evren yaşama niçin elverişli? Niçin yıldızlarla dolu?

BİR

IŞIK VE YAŞAM

Bilim, başka her şeyin üstünde evrenin geri kalanıyla ilişkimizin anlaşılması için bir arayıştır. Kendimize ilişkin en basit, en temel gerçekle başlayabiliriz: Her birimiz bir canlıyız. Canlı olarak da evrenle bağlantımızın en belirgin, en temel aracı ışık. Çünkü biz canlılar bir ışık evreninde yaşıyoruz. Hepimiz görürüz; en basit mantarın ya da tekhücrelinin bile ışığın varlığına duyarlı algılayıcıları var. Ayrıca mahpusluğun, hatta ölümün en korkulu tarafının ışıkla temasın kesilmesi olduğu doğru değil mi? Pek çok benzetmenin ve kültürümüzdeki imgelerin (karanlıktan korkmayı düşünün) altında yaşamın ışığa dayanması var, hatta örnekler klişe olma riski taşısa da bırakın birisini söyleyeyim: bir şeyi anlamaya bir *içgörü* edinmek de diyoruz.

Ama ışık şüphesiz yaşamın birinci kaynağı. Güneşten gelen ışık olmadan Dünyada hiç yaşam olmazdı. Işık yalnız bizim, evrenle temas aracımız değil, gerçek anlamda varoluşumuzun da temelidir. Bizim cansız maddeyle farkımız örgütlenmeyse, tek başına bir hücreden bütün gezegendeki yaşama, benim sabahları uyanmamdan evrimin bütün geçmişine dek, maddenin canlılığa geçişi olan kendiliğinden örgütlenme için enerji ve dürtü sağlayan ışıktır.

Evrenin niçin canlıları içerecek şekilde kurulduğunu kavrayınca kadar kim olduğumuzu asla tam anlayamayacağız. Bu kavrayış için bilmemiz gereken ilk şey niçin ışıkla dolu bir evrende yaşadığımız. Dolayısıyla evrenin geri kalanıyla ilişkimiz sorunu, kısmen, bilimin yanıtlayabilmek zorunda olduğu en az bir soruya dayanıyor: Evrenin yıldızlarla dolu olması niçin?

Ama bu soruya yaklaşımadan önce değineceğim başka türlü bir ilişki var, yazar ile okur arasındaki. Edebiyatçı dostlarımın bir süredir söyledikleri gibi bu oldukça sorunlu bir ilişki. Bu, eninde

sonunda, bu meslektaşlarımdan öğrettikleri başat edebiyat kuramı, kitapların bir anlamda yazar yokmuşçasına okunması gereğini öngörüyor. Böylesi bir sava karşı benim doğal protestomun ötesinde (mevcut konumumda), yazar bilim insanı, okur ise değilken özel sorunlar ortaya çıkar. Her kim fizikle ilgili fikirleri uzman olmayanlara öğretmeye girişirse, ister derslikte bir öğretmen olarak, ister böyle bir kitapla, tuhaf bir çelişkili durumla karşılaşır. Şöyle başlayalım, hiç kuşku yok ki pek çok insan fizik ve kozmolojiye derin ilgi duyar. Kim yıldızlara bakmaz ya da kim bir ağacı, bir kedi yavrusunu gözleyip evrenin ve içinde yerimizin ne olabileceğini merak etmez? Hem hangi kültürün, evrenin yaratılışına ilişkin bir öyküsü olmamıştır ki?

Yirminci yüzyılda bilimin başat kozmolojik otorite olarak dinin yerine geçtiğini söylemek bir klişe. Aslında bu, dinin popülerliğinin azalmasına pek bir şey yapmasa da bu zamanda ve gezegende bulunan birçok kültür için biz fizikçiler, kozmosun öyküsünün, resmi kurucu ve koruyucularıyız. Belki de her şeyden fazla, çoğu insanın bir fizikçiyle karşılaşmaya getirdiği, kendine özgü ilgi ve uzaklık karışımının açıklaması budur. Aynı zamanda lise ve üniversitede, fizikten daha çok hoşlanılmayan herhangi bir başka ders olması pek beklenmez. Çok sayıda insan, evren hakkında bizim neler düşündüğümüzü bilmek istese de bu bilgiyi edinmekte kullandığımız araçlarla pek ilgilenen olmaz.

Çalışma yaşamımda çoğu zaman bilim dışındaki öğrencilere fizik öğretimim. İyi bir öğretmen olarak düşünülsem de beni en çok etkileyen, işin tamamına bakıldığında onlara fiziğe olan sevgimden bir parça aktarmakta ne denli başarısız olduğum. Dolayısıyla son birkaç yıldır, bir noktada öğrencilerime doğrudan fiziğin niçin sevmediklerini soruyorum. Şüphesiz birçoğu, böyle yeni bir tür düşünmeyi öğrenmek için sürekli dikkat gereğini pek kabulenebilir bulamıyorlardı. Diğerlerinin, fizik ile kitle imha silahları arasındaki talihsiz ilişki yüzünden soğumaları anlaşılabilir. Ama en ilginç öğrencilerden yani sanat ve felsefe öğrencileri arasından Derrida ile Kristeva kulvarında süzülebilene ama bilim insanı olmayanlar için büyük masraflarla geliştirilip pazarlanan ders kitaplarına nüfuz edemeyen, edebiyat kuramcı sıkı tiplerden başka türlü bir yanıt almaya başladım. Bunlar fiziği zor buluyorlardı

çünkü doğanın, onlara öğretilen fizikle somutlaştırılmasını sevmiyor ve buna inanmıyorlardı.

Bilim insanı olmayanlara öğretilen fiziğe inanmamak için en azından bir iyi neden var: bunlar tam *doğru* değil. Şu nedenle ki, yıllarca üniversite hocalığının ardından bana saydam gelmeyen bir nedenle fizik, üniversite müfredatında birinci yıl içinde 1900'e kadar bilinenlerin ötesine çok seyrek geçen tek ders olmakta. Oysa Newton fiziği tıpkı Shakespeare'in oyunları gibi güzel bir konudur, ama kimse birinci sınıf öğrencilerine Shakespeare hakkında eleştirmenlerin 19. yüzyılda düşündükleri gibi düşünmelerini öğretmeye çalışmıyor. İyi bir edebiyat öğretmeni klasik kitapları, metinlerin doğası üzerindeki güncel tartışmalar bağlamında öğretir. Oysa neredeyse hiç kimse Newton fiziğini, yeni başlayan öğrencilere uzay ve zamanın doğası hakkındaki güncel tartışmalar bağlamında öğretmiyor.

Newton fiziği, doğru olmasa da, bir yaklaşıklık olarak pek çok değişik olguyu anlamamıza yardımcı olduğu için yararlıdır. Ama evrenin ne olduğuna ilişkin herhangi bir temel sorunun yanıtı olarak tamamıyla gözden düşmüştür. Tarih ve felsefe bakımından çok ilginçtir ama başlangıç derslerinde bunların çok seyrek sözü edilir. Dolayısıyla öğrencilerin bu konuda bir esin kaynağı görmemeleri sürpriz değil.

Ama inanmaları için pek bir neden olmaması gerçeğinin ötesinde öğrenciler evrenin Newton fiziği tarafından betimini pek çekici bulmasalar gerek.

Bundan bir kere kuşkulanınca kendime sormaya başladım, kozmosa Newtoncu bakışın tam nesinden hoşlanmıyorlardı?

İnanıyorum ki yanıt, Newtoncu evrende yaşamın yeri olmamasında. 19. yüzyılda bilinen fiziğe dayanarak, canlılar olarak kendimiz ile evrenin geri kalanı arasında bir bağlantı algılamamız olanaksızdır.

Ama fizik, yaşamın ne olduğu ve bizim niçin burada olduğumuzu anlamamıza bir yol göstermelidir. O "her şeyin bilimi" olup görevi evrensel olarak uygulanacak gerçekleri ve yasaları ortaya çıkartmaktır. Fizik biyolojinin altında bulunmalı ve onu açıklamalıdır; çünkü canlı yaratıklar, evrendeki her şey gibi evrendeki diğer her atomun da uyması gereken aynı yasalara uyan atomlar-

dan yapılmıştır. Fiziğe yaşamın varlığını kavranabilir yapmayan bir yaklaşım; önünde sonunda yerini, bunu yapabilen birine vermelidir. Yirminci yüzyıl öncesinde insanların yaşamın Newtoncu kozmosa kolayca uymadığı gerçeğinden kaygılanmış olmaları beklenebilir. Eğer birkaç bilim insanı bundan kaygılanıyorsa, bu kısmen, geçen [19.] yüzyılda çok popüler olan vitalizm¹ denilen felsefeden dolayıdır. Buna göre fiziğin yaşam olgusunu aydınlatmasını beklemek için bir neden yoktur çünkü canlı ve cansız nesneler farklı yasalara uyabilirler. Vitalizm doğru olsaydı bunun nedenli hayal kırıcı olacağını bir düşünün. Bunun anlamı, kendimizle çevremize baktığımızda gördüklerimiz arasında köklü bir ilişki olmamasıdır. Yine de böylesi bir görüşün çok kimse için geçerli olduğu yadsınamaz. Yaşamın fiziğe indirgenemeyeceği fikri Eski Yunan ve Hristiyan kozmolojilerine dayanır. Bunlarda Dünya ve gök farklı nesnelerden yapılmıştır. Bunun ardında, eski çağların doğadan kaçıp-göklerde yer alma arzusu bulunduğu hissedilebilir.

Ama her durumda, Einstein'dan önce insanların pek az seçeneği vardı. Newton fiziği doğru çıksaydı vitalizm gerekli olabilirdi. Yirminci yüzyılın fiziği sayesinde ki canlıların da taşları ve yıldızları oluşturanlarla aynı, bildik atomlardan yapıldığını anlayabiliyoruz. Böylece Newtoncu modern olana gidişin bir kısmı, yaşamın olanaksız olduğu bir evrenden, yaşamın bir yeri olan bir evrene geçiştir. İşte kısmen bu nedenledir ki yaşamın varlığı sorusu fizikteki yirminci yüzyıl devriminin merkezindedir. Kuantum fiziği, tüm içkin gizemine karşın bize ilk kez evrenin geri kalanıyla ilişkimizi, hem mutlak merkeziliğimizin Aristotelesçi kurmacasından, hem de mutlak dışlanmamızın Newtoncu kurmacasından kaçınacak şekilde kavrama fırsatı vermekte.

Bu değişimin anlamca değerini bilmek için önce evrende niçin Newton yasalarının yönettiği yaşam gibi bir şey bulmayı ummamamız gerektiğini anlamalıyız. Evrendeki yerimizin ne olduğu sorusuyla akla gelen bir imgeyle başlayalım. Bu sonsuz, soğuk ve ölü bir kozmosun içinde yitik, sıcak ve canlı bir Dünyanın imgesi. Neredeyse her türlü incelemenin ötesinde kalacak kadar apaçık olan temel fikirlerden birisini somutlaştıran bu imge, benim görüşüme göre bir zırvalık içermekte. Niye olduğunu görmek için, can-

¹ Canlılıkçılık -çn.

lı nesneler içerebilmesi için evren hakkında nelerin doğru olması gerektiğini sorarak başlayabiliriz.

Yaşam için gerekli ilk şey, boy, biçim ve kimyasal özellik bakımından farklı olan atom çeşitleridir. Karbonun gerektiği çünkü bunun yeterince çok çeşit kararlı molekül yapısı oluşturan yegâne element olduğu sık sık vurgulanır. Gezegenimizdeki canlıların hepsi bol miktarda karbon, hidrojen, oksijen ile eser miktarda diğer başka atomlardan oluşuyor. Ama karbon kimyasının özgüllüklerinin ötesinde, yeteri kadar atom çeşidi yoksa yaşam olanaksızdır. Tek türlü atom içeren bir evren neredeyse kesinlikle ölü olacaktır.

Newtoncu fiziğin sorunu, çeşit çeşit farklı atom türlerinin varlığına izin vermemesidir. Bir Newtoncu atom güneş sistemi gibi bir şeydir ama kütleçekim yerine çekirdekle elektronların elektiriksel çekimiyle bir arada tutulur. Ancak, bunda bir sorun var, şöyle ki elektronlar çemberler üzerinde giderlerken ışık dalgaları yayarlar, bunlar da atomdan dışarıya enerji götürürler. Sonuçta da elektronlar enerji yitirerek spiral çizerek çekirdeğe düşerler.

Eğer evren birden Newtoncu olursa elektronların çoğunun çekirdeğe düşmesi sadece saniyenin küçücük bir kesrini alır. Aslında bu, atomun kuantum resminin ortaya konulmasının doğrudan dürtükleyicisiydi. Atomların güneş sistemine benzediği, yani çoğu kütle çekirdekte toplandığı ve çoğu yeri elektronların kapladığı gerçeği, Ernest Rutherford tarafından 1911'de Manchester'daki laboratuvarında keşfedildi. Aylar içinde konuk araştırmacı genç Niels Bohr² atomun ilk kuantum kuramını icat etti. Kuantum kuramı hakkında başka ne denirse densin, bunun özündeki başarı atomların kararlılığını açıklamasıdır.

Ancak, fizik yasalarının kararlı atom çeşitlerinin varlığına izin vermesi yeterli değildir. Evren geçmişi boyunca bu atomlardan bol bol üretmeli ki bunlar canlıların gelişmesi için hazır bulunsun.

Dolayısıyla sorulacak soru şu, evrenden ne istenmeli ki çok miktarda karbon, oksijen ve yaşam için gerekli diğer içerikler bol bol üretilsin? Bu sorunun basit bir yanıtı var: evrende yıldızlar bulunmalıdır. En hafifleri dışındaki tüm elementler yıldızlarda kotarılır. Demek ki yukarı baktığımızda yıldızları görmemiz bir

² Bohr kuantum koşullarını önerdiği kararlı yörünge modelini Manchester'dan 1912'de dönüşünden sonra 1913'te geliştirdi -çn.

raslantı değil; tıpkı çevremize baktığımızda bitki ve ağaçları görmemizin raslantı olmaması gibi. Tıpkı bitkiler soluduğumuz oksijeni ürettiği gibi bizlerin ve bitkilerin yapıldığı kimyasal elementlerin hepsini üreten de yıldızlar.

Bu, yaşamın içeriklerinin nereden geldiği sorusunu hiç olmazsa ana hatlarıyla bağlar. Ama bir diğer, daha derin bir soru sormalıyız. Evreni verilen içeriklerle yaşam için elverişli kılacak koşullar nelerdir? Evren hakkında neler doğru olmalıdır ki atomlarından bazıları kendiliğinden, onları canlı yapacak şaşırtıcı bir girift dans icat etsinler? Yaşamın, daha basit bir evrenden doğmuş olması en nihai mucize olarak görünüyor. Ama evrendeki yerimizi anlayacaksa, bunu da anlamamız gerekiyor.

Daha önce hiç bulunmadığı yerde örgütlülük ve karmaşıklık yaratma yetisiyle yaşam, fizik yasalarına karşı yürür görünüyor. Her halde 19. yüzyılda, gözlenen biyolojik evrilme siciline zıt düşen artan entropi yasasını (ya da diğer deyişle termodinamiğin ikinci yasası) dert eden pek çok kimse böyle düşünüyordu.

Çoğu kimsenin artan entropi yasasının anlamı hakkında sezgisel bir fikri vardır. Bir fincan sıcak çay odadaki havayla aynı sıcaklığa gelene dek soğur. Sıcak bir günde karlar erir. Bu örnekler, bir sistemin değişik parçaları arasındaki sıcaklık farklarının silinme eğiliminde olduğunu canlandırıyor. Sistemin her parçasının aynı sıcaklık yoğunluk ve kimyasal bileşimde olduğu yapılara termodinamik denge denilir. Artan entropi yasası der ki, eğer kapalı, evrenin geri kalanından yalıtılmış bir sistemimiz varsa muazzam bir olasılıkla termodinamik dengeye gelecek ve orada kalacaktır.

Canlılar şüphesiz böyle davranmazlar. Vücudum çevremdeki sıcaklık ne olursa olsun sağlıklı olduğum kadar hemen hep aynı sıcaklıkta kalır. Kedim de sabit ama benimkinden farklı vücut sıcaklığını sürdürür. Giysilerim üzerimde uyursam uyandığımda onlar da benimle aynı sıcaklıkta olur. Eğer kedimle uyursam, o –eğer o durumda birkaç dakika kalmaya razı gelirse– kendisine özgü sıcaklığıyla uyanır.

Entropinin ilgili diğer bir anlamı onun düzensizliğin, yani örgütlenmemişliğin bir ölçüsü olmasıdır. Bir gazın atomları birbirlerinden ayırt edilemedikleri kadar düzensizdir. Dengede, bu düzensizlik en büyük halindedir, çünkü her atom diğer her bir

atomunkine eşit ortalama enerjiyle gelişi güzel devinir. Canlı bir sistem ise tam zıddına sürekli olarak, genelde her biri tek bir işlev yapacak çok büyük sayılarda değişik moleküller üretir. Bunun sonucu olarak canlı bir nesnenin entropisi tek tek atom düzeyinde bile evrendeki başka her şeyinkinden düşüktür.

İlginç bir tarihsel gerçek, termodinamik yasalarının modern biçimlerine konulmalarının 19. yüzyılın ikinci yarısına, aşağı yukarı doğal seçim kuramının Darwin ve Wallace tarafından ileri sürülmeleriyle aynı zamana rastlamasıdır. O zamandan beri bilimin hem içinden hem dışından çok kimse bu iki gelişme arasındaki görünürde çelişkiyi çok büyüttü. Termodinamiğin yasaları sistemlerin zaman içinde daha az düzenli daha az değişken olma eğilimleri olduğunu söyler. Bundan ötürü de geçen [19.] yüzyıl boyunca vitalizm için sık sık yürütülen bir sav, canlıların yapıldıkları maddelerin termodinamik yasalarının kısıtlamalarının dışında tutulmaları gereği idi.

Aslında termodinamiğin durumu Newton fiziğinkinden farklı. Termodinamiğin yasaları yaşamın varlığı ya da evrimiyle çelişkili değildir. Yaşamın varlığı ile termodinamiğin yasaları uyumlulukla kalmayıp, bu iki konu aslında öyle sıkı sıkıya ilişkilidir ki, yaşamın bildiğim en açık nitelendirmesi termodinamiğe dayanarak yapılanıdır. Çünkü bir kere bir sistemin termodinamik dengede oluşunun ne demek olduğunu anladığımızda bunun tersini de anlayabiliriz: bir sistemin, tüm canlı nesnelerde olduğu gibi keyfi sürelerle denge dışında kalması için ne gerekiyorsa.

Isıl dengede olan bir çevrede hiçbir şey yaşayamaz. Yaşam var olacaksa, evrende, yaşamın evrilmesi için gerekli milyarlarca yıl süresince termodinamik dengeden çok uzakta kalan bölgeler bulunmalıdır. Sonra da şunu sormak isteriz: Böylesi bölgeleri içermesi için evrenden ne istenmeli? Bu sorunun yanıtı kolay. Evrende, geri kalanından çok daha sıcak bölgeler bulunmalı ve bunlar kendilerini sabit ışık ve ısı kaynakları olarak muazzam sürelerle sürdürebilmelidir.

Ne tür şeyler bunu yapabilir ki? Bunun yanıtı, bu bölümde daha önce sordüğümüz sorularınkiyle aynı: Yıldızlar var olmalıdırlar.

Böylece soğuk, cansız kozmos içinde, sıcak, canlı yeryüzü resmindeki hatayı görebilmeye başlıyoruz: Evren gerçekten soğuk ve

cansız olsaydı, hiç yıldız içermeseydi canlı gezegenler olamazdı. Bundan ötürü yıldızların varlığı kozmosun niçin yaşam için elverişli olduğu probleminin anahtarıdır.

Daha ilerlemeden önce bir uyarı notu saplayayım. Eğer yalnızca kendimiz hakkında iyi şeyler hissetmek istiyorsak, vitalizmden bir tür panteizme –buna göre yaşam evrenin kendisi canlı olduğu için vardır– atlayarak mutlu olabiliriz. Ama amacımız evrende ne yaptığımızı açıklayacak bir öykü yaratmaktan öte olmalı. Sonunda evrenin Newtoncu kuramındaki hata onun esasta irrasyonel olmasıdır; çünkü bu, evrenin, kavramayı umduğumuz birçok yönünü açıklamaz bırakmaktadır. Gerekli olan, niçin birinin diğerinde yerleşmesinin doğal olduğunu kavramamıza izin veren yaşamın ve de evrenin ne olduklarının, daha derinden anlaşılmasıdır.

Bilim devrimi, sadece Kopernik'in Aristotelesçi kozmosta Dünya ile Güneş'in yerlerini değiştirmesiyle başlamadı. Gezegenimizi kristal kürelerin birisi üzerine yerleştirmek, Aristotelesçi kozmosun ardındaki göklerin değişmezliği gibi temel varsayımlardan birisiyle çeliştiği için mantıksal olarak zırvaydı. 18. yüzyıldaki her aydın kimse Kopernik'in yaptığının anlamsız olduğunu açıklayabilirdi. Devrim tam anlamıyla Kepler, kristal küreleri feshedip gezegenleri boş uzaya başıboş saliverince başladı, sonra da yeni bir soru sordu: Bir gezegen nasıl oluyor da boş uzayın ortalık yerinde nereye doğru gideceğini biliyor? Devrimi sürdüren bu ve diğer yeni sorular oldu.

Benzer olarak sadece evrenin canlı olduğunu söylemek de saçmalık. Bunun yerine, fizik yasalarının temsil ettiklerinden anladıklarımızı, artık 17. yüzyılda Aristoteles'in kristal kürelerinin eski moda kalışları kadar eskimiş olan bir tür felsefi iskeleden ayırma zamanının geldiğini önereceğim.

Açığa savrularak şimdi, fizik yasaları dediğimiz düzenliliklerin nasıl ortaya çıktığına ve değişeceklerse bunun nasıl olabileceğine ilişkin yeni sorular sormak zorundayız. O zaman bu sorulara yanıt bulma arayışları, bizi temel ile beliren ve fizik ile biyoloji arasındaki ilişkiler hakkındaki alışılmış anlayışımızı gözden geçirmeye götürebilir. Başka deyişle, gelen bölümlerde yanıt arayacağımız diğer sorulardan birisi, kozmosun bu ya da herhangi bir ışık ve yaşam evreni olmasının sırf bir raslantı mı, yoksa bir ölçüde gereklilik mi olduğu.

*Yeniden cahil bir adam olmalısın,
Güneş'i yeniden cahil gözle görecek
Ve onu, onun fikrinde göreceksin, apaçık.*

*—Wallace Stevens,
"Notes Toward a Supreme Fiction"*

İKİ

ATOMCULUĞUN MANTIĞI

"Biz yıldız tozuyuz" Joni Mitchell'ın bir şarkısı;¹ kulağa gelişi öyle doğru ki, oluştuğumuz hidrojen dışında her şeyin yıldızlarda kaynaştığını öğreneli yetmiş yıldan az olduğunu hatırlamak için kendimizi çimdikliyoruz. Öte yandan daha eski bir fikir de evrenin atomlardan yapılmış olduğu. Atomculuk felsefesi eskiye, en azından MÖ 6. yüzyılda Yunan filozoflar, Demokritos ve Leukippos'a dek gider. Bunlara göre evren, boş uzayda devinen büyük sayılarda temel parçacıklardan oluşur. Bu fikir bugün bize apaçık görünse de Aristoteles tarafından reddediliyordu. Yeniden canlanması, yüzyıllar sonra bilim devriminin başlamasıyla oldu. Ama atomculuk, ancak bu [20.] yüzyılda kuantum fiziğinin, atomu anlayışımıza açmasıyla muzaffer oldu. Hızlı bir silsile takip edip birçok yapı düzeyini aşarak artık kuarklar üzerinde çalışıyoruz: atomun içindeki şeylerin içlerindeki şeyler.

Atomculuğun zaferi artık öylesine tam ki buna karşı her meydan okumanın bunu hemen bilimin sınırları dışına gönderecek gibi görünüyor. Yunanlar dünyada herhangi bir şeyin atomlarına ayrıştırılarak açıklanabileceğini ancak düşleyebilirlerdi. Biz bu bilime sahibiz. Bu, immünolojiden transistörlere, anlayabildiğimiz her şeyin ve de çekirdek fiziğinin temelindedir. Ayrıca atomlar ve çekirdekler bölünebilir olduysa bunun ardında elektronlar, nötrinolar ve kuarklarla gerçekten temel diyeceğimiz parçacıklar var.

¹ We are stardust –çn.

Ama yanlış olduğunu algılamak zor olsa da hâlâ yanıtlamaya atomcu felsefenin yardım edemeyeceği sorular bulunuyor. Bunların kimileri temel parçacıkların kendilerine ilişkin: Elektron protondan daha hafif ama nötrino kadar değil. Niçin? Niçin nötron protondan bir miktar daha ağır? Niçin nötrinin elektrik yükü yok?

Temel parçacıkları, başka her şeye yaptığımız gibi parçalarına ayırarak anlayamıyoruz. Bir kere, bunların daha da küçük şeylerden yapıldığına ilişkin bir delil yok. Ama olsaydı bile oyun er geç durmalı, bir noktada gerçekten temel olan parçacıklara varmalıyız. Muzip bir havada bunun, sonsuz bir ardışmayla sürdüğü fikrine kapılabiliriz ama bunu pek olası görmüyorum. Bir kere, sonra 5. Kısımda açıklayacağım gibi nesnelerin nihai bir en küçük boy-ları olduğuna inanmak için gerçekten yeterli sebebimiz var. Temel parçacıklar ne olursa olsunlar onları anlamamız gerekecek, bunu da, bunlardan yapılmış her şeyi anlamakta kullandıklarımızdan değişik bir şekilde yapmak zorunda kalacağız.

Yunan filozoflarına göre, temel parçacıklar ezeli ve ebedidir, hiçbir zaman yaratılmamış ve yok edilmemiş. Bu, onlar için tek seçenektir, çünkü eğer yaratılmış olsalardı bir takım parçalar birleştirilerek yapılmış olmalıydılar. O zaman da en küçük şeyler olmazlardı. Temel parçacıkları ezeli ve ebedi yaparak bunların özelliklerine ilişkin sorunları mutlak olanlar dünyasına gönderiyorlar: onlar böyledir, çünkü hep öyleydiler ve hep öyle olacaklar. Bir sonuç olarak temel parçacıkların her birinin varlığı diğerlerinden bağımsızdır. Tek bir temel parçacığın özellikleri üzerinde, evrenin ne geçmişi ne de şimdiki kurulumu bir etkisi olabilir. Evrende tek bir nötron olabilmesi tamamıyla akla uygundur. Bu felsefeye göre de bu nötron kedimin bıyığındaki bir atomda bulunanlardan birisiyle kesinkes aynıdır.

Modern temel parçacık fiziği, temel parçacıkların yaratılıp yok edilmesine izin verir. Ama bunların özellikleri, her birini, yaratıldığında evrende başka ne olabileceğinden bağımsız, belli özelliklerle donatan yasalarla belirlenir. Bu yasaların mutlak ve her zaman geçerli olduğu sayılıyor. Dolayısıyla mutlak fikrinin bizim için de Yunanlar için olduğu gibi temel bir rolü olmakta. Bu, sadece ebedi atomlardan ebedi yasalara soyutlanmış oluyor. Fizik

yasalarının yaratılmış ya da evirilmiş olması tıpkı temel parçacıkları yaratan bir makinanın yapılabilmemesinin Demokritos'a olabileceği gibi bizlere de saçma görünebilir.

Temel parçacıkların özelliklerini ilk ve son olarak saptayan mutlak bir doğa yasası olması fikri öyle başarılı olageldi ki doğayı bilimsel olarak anlamanın bununla başlamadığını hayal etmek zor. Ama aslında işin sonunda bu fikrin doğru olamayacağına inanmak için iyi nedenler var. Bu nedenlerin bazıları atomculuk mantığının kendisinden geliyor. İlerlerken ileri süreceğim gibi atomculuğun altında yatan indirgemeci felsefenin tamam olmaması gerekir. Olmayan şeyleri anlama sorunuyla karşı karşıya geldiğimizde, bir şeyleri açıklamak için onları parçalara ayırmamızı söyleyen bir felsefe parçası, bize yardımcı olmayacaktır. Bu noktada, bilimleri ilerleyecekse, kimi değişik stratejilere bakmamız gerekir.

Temel parçacık fiziği arkada kalan yüz küsur yılın büyük bir kısmında çabuk bir tempoyla devindi; her on yılda en az bir yeni keşif ortaya çıkmakta. Bu süre boyunca bunu doğaya ilişkin en temel soruları yanıtlayacak yol olarak gördük. Temel parçacık kuramcısı olarak eğitilirken ödevleri doğayı algılamamızın ardındaki temel gerçekliği keşfetmek olanların yüce mertebesine katılmakta olduğuma inanıyordum. Temel parçacık kuramcısı olmayan bilim insanlarına üzüldüm, çünkü doğayı en temel düzeyinin dışında incelemekten tam bir doyum bulabildiklerini anlamıyordum. Ne de biyoloji ya da astronomi gibi "yüksek mertebe" bilimlerine pek ilgi duuyordum. Çünkü onların öğrenebilecekleri hiçbir şey yalnız temel parçacıklarla ilgili olan temel sorunlarla bağlantılı olamayacaktı.

Ne yazık ki, son yirmi yıl içinde temel parçacık fiziği bir zamanlar gittiği hızla ilerlemiyor. 1970'lerin ortalarında büyük bir zafer vardı. Temel parçacık fiziğinin standart modeli dediğimiz kuram kuruldu. Bu kuram bizi, eldeki teknolojiyle yapabileceğimiz hemen her deneyin sonucunu öngörme konumuna getiriyor; bir tek şey dışında: bu ise kütleçekimle ilgili olabilecek her şeyi kapsayıp çok sayıda soruyu açıkta bırakıyor, geçtiğimiz yıllar çok umut kırıcıydı çünkü bu soruların hemen hiçbirisi yanıtlanamadı.

Bu soruların en önemlisi kütleçekimin işe nasıl katılacağı olup bu, genel görelilikle kuantum kuramını birleştirmeyi öğrenmeden

yapılamaz. Ama standart modelin yanıtlamadığı başka sorular da var. Bunlar tam birer gizem. Bunların çoğu temel parçacıkların özellikleriyle ilgili. Örneğin: Niçin bu parçacıkların belli kütleleri ve yükleri var? Bu sorunların süregitmesi önemli işlerin yapılmış olmadığını ima etmiyor. Özellikle kuramsal tarafta standart modelden arta kalan soruların kimilerini açığa kavuşturmasına yardımcı olması beklenecek yeni fikirler yaratıldı.² Ama deneysel tarafta standart model tarafından açıklanamayacak hiçbir şey bulunmadı. Aynı zamanda standart modelin açıkta bıraktığı sorulara yanıt olması kastedilen kuramsal fikirlerin hiçbiri deneysel olarak doğrulanmadı. Belki de temel parçacık kuramı bu denli başarılı olmasaydı bu durum pek kaygı doğurmazdı. Ama doğanın temel yasalarında kesin bir ilerleme olmadan geçen bir diğer yirmi yıllık dönem bulmak için bir yüzyıldan daha geriye bakılmak gerekir. Bunun için birçok neden var. Örneğin standart modelin betimlediğinden daha küçük yapı katmanlarını yoklayabilecek yeni deneyleri yapmanın büyük zorluğu ve masrafı. Ama eldeki krizin bir kısmının kaçınılmazlığına inanıyorum; bu, sırf nesneleri parçalarına bölerek öğrenebileceklerimizin sınırına gelmiş olmamızdan ileri geliyor. İndirgemeci felsefenin başarılı oluşu, bizi gerçekten temel olan parçacıkların elimizde olduğu ana getirmiş olabilir. Böyleyse bu noktaya dek başarılı olan yöntemlerin aksar görünmesi bizi şaşırtmamalı.

Bilimde, detektif filmlerinde, aşkta ya da yaşamın diğer herhangi bir alanında, artık eski varsayımların işe her zamanki gibi yaramadığı bir durumla karşılaşıldığında belki yeni sorular sorma zamanı gelmiştir. Ama insan yeni yanıtlar yerine yeni soruları nasıl araştırır? Belki yapılacak ilk şey çevreye yeni bir gözle bakıp el altındaki delilleri incelemektir. Kimi zaman hayati bir delil gözümüzün önünde de olsa şimdiye kadar önemden yoksundur. Tanıdık dünyamız yeni bir bakışla, birdenbire göz önüne yeni anlamlar serebilir.

Temel parçacıklar fiziğinin problemlerine tam bu yeni bakışı götürmeyi öneriyorum. Eğer yeniden başlamayı deneyeceksek, önemli soru hangi varsayımları tutup hangilerini atacağımız. Sadece evrendeki çoğu nesnenin, kendileri daha küçük şeylerin bileşimi olmayan temel parçacıklardan oluştuğu fikri anlamına

² Standart modelin öngördüğü önemli nesnelerden birisi olan Higgs parçacığı nihayet 2012'de CERN'deki deneylerde saptandı –çn.

gelmesi olarak aldığımız kadar, atomculuğun bir sorunu olamayacağı söyleyerek başlayalım. Ama bu temel parçacıklara ait özelliklerin mutlak yasalar cinsinden ebedi olarak saptanmış olması gibi bir köklü varsayımı sorgulayabiliriz. Bu fikri atomculuk ve indirgemeciliğin sağduyuya dayanan kavranışlarından ayırt etmek için ona bir ad takıyorum. Buna *kökten atomculuk* diyeceğim. Benzer olarak, doğa yasalarının varlığı fikrini sorgulamak da gerekli değil. Ama şu fikri sorgulayabiliriz: yalnızca bu yasaları bilip evrenin geçmişi ve örgütlenmesine ilişkin hiçbir şey bilmesek kuark ya da elektronun özelliklerini çıkarsayabiliriz.

Kökten atomculuğu sorgulamanın bir sebebi, bunun önünde sonunda ya bir sonsuz silsileye ya da taş duvara götürecek olmasıdır. Temel parçacıkların kendi parçaları yoksa, bunların içine bakmakla hiçbir özelliklerinin açıklaması bulunamaz. Buna tek almaşık dışlarına bakmaktır. Bu demektir ki, temel parçacıkların özelliklerinin, bir şekilde bunların çevrelerindeki nesnelerle olan ilişkileri tarafından etkilenip etkilenmediğini belirlemeye uğraşmalıyız. Eğer temel parçacıklar bu şekilde etkileniyorlarsa o zaman belki o özellikler mutlak ve ebedi olmayabilirler. Bunun yerine kuark ve elektronları anlamak istiyorsak evrenin geçmişi ve organizasyonuna ilişkin bir şeyler bilmeliyiz.

İtiraf etmeliyim ki bu son cümleleri yazmak, üzerinde düşünmek için yıllar harcadıktan sonra bile gene de tam anlamıyla kolay değil. Fizikçi olarak yetişmemin ardındaki bütün felsefenin ağırlığı bana bunun yanlış bir şey yapmaya uğraşmak olduğunu söylüyor. Şüphesiz temel parçacıkların, onları bulduğumuz ortamlardan etkilendiklerinin hiçbir delili yok. Uzak yıldızlardan gelen ışık, bunların yapısındaki protonların şimdi aldığım nefeslerde olanlarla aynı olduğunu onaylamakta. Ama bu, bir temel parçacığı çevresinden etkilendirecek hiçbir etki olmadığı demek değildir. Bu sadece, böylesi etkileri bulmak için belki de yıldızlar ve gökadalardan daha büyük ölçeklere bakmaktan başka seçeneğimizin olmaması demektir.

Kökten atomculuk felsefesindeki bir diğer sorun, bunun bize evrenin niçin görüldüğü gibi düzenlenmiş olduğuna ilişkin çok küçük zemin sağlaması. Eğer evren yoklukta devinen atomlardan başka bir şey değilse, olduğundan çok daha basit olmama-

sını anlamak zor. Temel bir bakış açısından, ısı dengedeki gaz atomlarıyla dolu bir evren, yapı çeşitleriyle dolu bir evren kadar akla yakındır. Aslında daha da akla yakındır; çünkü artan entropi yasasına göre, evrenin örgütlenmemiş, yani düzensiz, sadece ısı dengede bir gaz olması çok daha olasıdır.

Evren niçin bu denli dinamik? Niçin 19. yüzyıl kozmologlarının beklediği gibi ısı dengeye daha yakın değil? Bu soruların yanıtı, önceki bölümde önerdiğim gibi yıldızların varlığı. Çünkü bunlar evrende enerji ve madde dönüşümleri için birincil yerlerdir. Her bir yıldızda elementler kotarılırken kütleçekim ve çekirdek enerjileri, ışık ve ısıya dönüştürülerek evrene salınırlar. Gerçekten, tıpkı yaşamımızın biyokürenin ekolojik döngülerine gömülü olduğu gibi, gezegenimiz bütünüyle gökadayı oluşturan çok daha yaşlı malzeme ve enerjinin parçası olarak vardır.

Evrene bakındığımızda bize çarpıcı gelen diğer bir şey ise onun görünürde silsileli yapılandırılmış olmasıdır. İlk kez adım attığımızı hayal edin; evrene değil, bir kütüphaneye. Kullanabilmek için nasıl düzenlendiğini bilmemiz gerekir. Önce kütüphanenin kısımlara ayrıldığını, sonra her birinin çok sayıda kitap raflarına bölmelendiğini, raflarda ise daha çok sayıda kitapların bulunduğunu görürüz. Kitapların çoğu kısımlara ayrılmıştır. Örneğin bu kitabın parçaları onların da bölümleri bulunuyor. Cümlelerden kurulmuş olan bölümlerin anlamları paragraflarla aktarılmaktadır. Cümleler belli sıradaki kelimelerden, kelimeler ise harflerden oluşuyor. En sonunda harfler de, doğrular, çemberler ve yaylar gibi sonlu sayıda temel şeklin bileşiminden oluşuyor.

Evrenimiz en az bir kütüphane kadar çok düzenlenme katmanına sahip. Sayıları küçük olan temel parçacıklar temel şekiller gibi bir şey, atomlar harfler gibi. Her iki yapı da birkaç düzine. Atomlar çok büyük sayılarda değişik moleküller örgütler, tıpkı harflerin çok büyük sayıda kelimeler dizdiği gibi. Bir sayfadaki harflerin dizilişi kelimenin anlamı için yerinde olmalıysa, üçboyutlu uzayda atomların yerleşimi molekülün özellikleri için hayatidir. Moleküller, tıpkı çok çeşitli kitap metinleri olduğu gibi çok sayıda değişik şekillerde düzenlenebilirler: katılar, kristaller, sıvılar, gazlar. Evrende temel parçacıkların düzenlenmesi eski atomcuların betimlediğinden çok daha ilginç, çünkü atomlar yalnızca

dans edip durmuyor. Bunun yerine onların düzenlenmesi yapısaldır, büyük bir karmaşıklık içerir; moleküllerin muazzam çeşitlilikteki fiziksel ve kimyasal özellikleri buna dayanır.

Ama gözlerimizi moleküllerden kaldırıp büyük çapta evrene bakarsak gene bir düzen görürüz. Yaşadığımız çağın büyük keşiflerinden birisi gökadalara uzayda gelişigüzel dağılmış olması. Yerine, gökadalara düzenlenmelerinde tarayabildiğimiz en büyüğüne dek her ölçekte yapı buluyoruz. Bugüne dek haritaya dökemediğimiz en büyük yapılar büyük gökada sistemleri olup her biri pek çok öbek içerir, bunlarda da düzinelerden binlercesine kadar gökada bulunur. Böylesi büyük bir sisteme örnek "Koca Duvar"dır. Bu, bizden otuz milyon ışık yılı kadar uzakta, gökyüzünün büyük bir kısmını kaplayan bir tabaka gibi yayılmış gökada öbeklerinden oluşmuştur.

En büyük ölçeklerden görüldüğünde gökadalara evrenin düzenlenişindeki temel yapısal birimlerdir. Öyleyse gökadalara nedir? Daha sonra bu soruya bütün bir bölümü hasredeceğiz, ama basit bir yanıt gerekirse, gökadalara yıldız yapan büyük sistemlerdir.

Gökyüzünde gördüğümüz yapıların silsilesi gelişigüzel değildir. Bunlar yıldızlar ve gökadalardaki süreçler tarafından yaratılıp ve sürdürülmektedir. Bunları kavrayabilmek sırf her şeyi parçalarına nasıl böleceğimizi bilmekten fazlasını gerektiriyor. Böylesi karmaşık yapılar silsilesinin evren evrildikçe ortaya nasıl çıktığını anlamak zorundayız. O zaman da evrendeki yapıların kökeni sorunu yaşamın kökeni sorunundan farklı olmaz. Fizik yasaları verildiğinde böylesi yapılar ve süreçlerin kendiliğinden oluşmalarının olası olup olmadığını bilmemiz gerekiyor!

Dünyanın okyanuslarındaki koşullar izin verir vermez canlıların kendiliğinden oluşmasının niçin olası olduğunu kavrayıncaya kadar biyolojiyi anlayışımız eksik sayılmalıdır. Benzer olarak, ona göre yıldızların ve gökadalara varlığının, çok olasılıksız olduğu ya da açıklanmayan raslantılara dayandığı bir felsefe doyurucu olamaz. Sonraki bölümde kökten atomcu felsefenin, bu bakımdan büyük tehlike içinde olduğunu göstereceğim. Göreceğiz ki, tüm bu öğrendiklerimize karşın, doğanın şimdi anladığımız biçimleriyle verilen temel ilke ve yasaları çerçevesinde evrenin yıldızlarla dolu olması olağanüstü olasılıksızdır.

*Gerçekten asıl ilgimi çeken şey,
evrenin yaratılışında Tanrı'nın
seçme hakkı olup olmadığı.*

—Albert Einstein

ÜÇ

YILDIZLARIN MUCİZESİ

Önceki bölümlerde çıkarttığım sorunları çözmenin bir yolu var. Diyelim ki bizimkine benzer bir evreni betimleyebilen tek bir kuram olabiliyordu. Bu, örneğin matematiksel tutarlılık gereğinin, biri dışında tüm adayların dışlanması için yeterli olacağı bir kuramı kurmanın çok zor olduğu durum da olabilirdi. Diyelim ki bu kuram elimizde olsun. Gene diyelim ki bu, onunla çalıştığımızda, temel parçacıklara ilişkin sorduğumuz tüm sorulara yalnız doğru yanıtlar veriyor. Bu durumda öne sürdüğüm tüm kaygılar tartışmaya açıktır; yalnızca, mantıksal olarak mümkün tek bir evren olacaktır, o da bizimki.

İyisi ya da kötüsü, böyle bir kuram bulunamadığı gibi inanç dışında, evrenimiz gibi bir şeyi betimleyebilecek tutarlı tek bir kuram bulunma umudu yok. O zaman, her biri aynı tutarlılıkta, mümkün birer evren betimleyecek çok sayıda farklı kuram karşımıza çıkarsa ne yapacağımızı düşünmek en azından tedbirlilik olur. Bu koşul altında, geçmişte bir zamanda evrenin bir bakıma, bir seçme sonucu mu olduğunu merak etmemiz gerekir.

Elimizdeki kuram –parçacık fiziğinin standart modeli– biricik olmaktan çok uzak. Evrenin nelerden yapıldığına ilişkin en derin bilgilerimizi temsil ettiği gerçeğine karşın, temel parçacıkların özellikleri hakkında pek çok soruyu açıkta bırakmaktadır. Bu açık sorular parçacıkları nitelendiren çeşitli sayılarla ilgili. Bu sayılar farklı parçacıkların kütleleri ve elektrik yüklerinin yeğinlikleri

gibi şeyleri ölçüyor. Bu günkü en iyi anlayışımıza göre bu sayıların geniş aralıklar içinde değişme özgürlüğü bulunuyor. Öyleyse bunlar değerleri keyfi olarak saptanmış *parametrelerdir*. Fizikçiler bu parametrelerin değerlerini kuramları gözlemlerle uyuşacak gibi saptarlar. Böyle yapınca, örneğin elektron, proton, nötron ve nötrino hep doğru kütlelere sahip olurlar. Ama söyleyebildiğimiz kadarıyla evren öyle yaratılmış olabilirdi ki kesinlikle aynı yasalar sağlanırken bu parametrelerin değerleri farklı sayılara ayarlanmış olabilir.

Parçacık fiziğinin standart modelinde bu parametrelerden yirmi kadar var. Evrende niçin yıldızlar var sorusu şimdi şöyle konulabilir. Tanrı'nın bir kontrol panosu bulunduğunu hayal edelim. Panoda her parametre için bir düğme olsun. Düğmelerden birisi protonun, diğeri elektronun yükünü, vb saptasın. Tanrı gözlerini yumup düğmeleri gelişigüzel çeviriyor. Sonuçta bildiğimiz yasalarla yönlendirilen bir evren çıkacak ama bu parametrelerin değerleri de gelişigüzel ayarlanmış olacaktır. Böyle yaratılmış bir evrenin yıldız içirme olasılığı nedir?

Yanıt şöyle: olasılık inanılamayacak kadar küçük! Bu öyle bir önemli sonuç ki niçin doğru olduğunu açıklamak için birkaç sayfa harcayacağım. Aslında yıldızların varlığı, doğadaki çeşitli kuvvetler arasında bulunan birkaç nazik dengeye dayanıyor. Bunlar, yöneten parametrelerin bu kuvvetlerin tam istenilen yeğinlikte etki yapmaya ayarlaması gerektirir.

Pek çok olayda düşmenin bir yana ya da diğerine azıcık bir dönüşü, yalnız yıldızları olmayan bir evren değil, evrenimizdekinden çok daha az yapı doğurabilir.

Epeyce değişik türde temel parçacık keşfedilmiş olmasına karşın, evrendeki maddenin hemen hepsi dört çeşitten yapılmıştır: protonlar, nötronlar, elektronlar ve nötrinolar. Bunlar dört temel kuvvet aracılığıyla etkileşirler: kütleçekimi, elektromanyetizma ve yeğin ile zayıf çekirdek kuvvetleri. Bu kuvvetlerin her biri birkaç sayı ile nitelenir. Her birinin bir erimi olup bize kuvvetin hissedildiği uzaklıkları söylerler. O zaman her parçacık türü ve her kuvvet için bize o parçacığın o kuvvetin yönettiği etkileşmelere ne yeğinlikle katıldığını söyleyen bir sayı bulunur. Bunlara bağ-

laşma¹ sabitleri denilir. Bunlardan birisi elektrik yükü olup bir parçacığın diğer yüklü parçacıklarla birbirlerini ne yeğinlikle çekeceğini söyler. Standart modelin parametreleri öncelikle parçacıkların kütleleri ile dört kuvveti nitelendiren bu sayılardır.

Yıldızların varlığının niçin olanaksız olduğunu anlamak için dört değişik etkileşme hakkında kimi temel gerçekleri bilmekte yarar var. Kütleçekimle başlayabiliriz. Bu yegâne evrensel etkileşmedir. Her parçacık, her enerji biçimi bunun çekimini hisseder. Erimi sonsuzdur. Bunun anlamı şudur: iki cisim arasındaki kütleçekim kuvveti, uzaklıkla azalsa da cisimler ne denli uzak olurlarsa olsunlar sıfır olmaz. Kütleçekimin bir diğer ayırt edici özelliği var, hep çekicidir. Evrendeki herhangi iki parçacık kütleçekim etkileşmesiyle birbirini çeker.

Her parçacığın kütleçekimden etkilenme yeğlinliği kütlesiyle orantılıdır. İki cisim arasındaki kuvvetin kendisi kütlelerin çarpımıyla ve bu sonucun bir evrensel sabit sayıyla çarpılmasıyla verilir. Bu sabitin adı Newton'ın kütleçekim sabiti olup standart modelin parametrelerinden birisidir. Buna ilişkin bilinecek en önemli şey bunun acayip küçük bir sayı olmasıdır. Asıl değeri, diğer fiziksel sabitlerinki gibi kullandığımız birimlere bağlıdır. Temel parçacık fiziği birimlerinde kütlelerin proton kütlesi cinsinden ölçülmesi doğal. Bu birimler cinsinden sizin ya da benim kütlem yaklaşık 10^{28} kadardır, çünkü insan vücudunu yapmak için bu kadar proton ve nötron gerekir.* Buna karşılık, bu tür birimlerde kütleçekim sabiti 10^{-38} kadardır. Bu minicik sayı iki proton arasındaki kütleçekim kuvvetinin yeğlinliğini ölçer.

¹ "Coupling" ya da "kuplaj" genelde Türkçede çok yanlış olarak, biyoloji bağlamıyla karıştırılıp "çiftleşme" ya da yalnızca "çiftlenme" sabiti diye kullanılıyor; oysa bunun kökeni tren vagonlarının bağlanma düzeneği vb'nin adından gelirse de temelde etkileşme ifade eder -çn.

* Fizik ve kozmolojide sık sık büyük sayılar kullanırız. Bu bakımdan buradaki *üstel* gösterim büyük kolaylık sağlar. (Okurun bu kitabı okurken bilmesi gerekecek tek ciddi matematik bu olacak.) Bunda 10^3 , 1'in önüne konulacak 3 sıfır yani 1000 için kısaltmadır. 10^{28} de ardında yirmisekiz sıfır olan 1 yerine yazılır. Eksi işareti olduğunda o zaman sayının tersini alacağız, yani 10^{-1} sayısı $1/10$, 10^{-5} ise $1/10^5$ yani 0,00001 demektir. Ama bu sayıları kullandığımda da çok kesin sayılardan söz etmeyeceğim; dolayısıyla burada tam kaç adet proton içerdiğimi dert etmeyeceğim, işe yarayacak olan on sayısının hangi kuvvetinin en yakın düşeceği.

Kütleçekim sabitinin inanılmaz küçüklüğü parçacık fiziğinin parametrelerine ilişkin gizemlerden birisidir. Diyelim ki evrenin temel kuvvetlerini açıklayacak bir kuramımız var. Bu kuram bir takım hesaplamalar sonucu bu maskara sayıyı üretecek. Nasıl oluyor da doğa öyle yapılmış ki onun nasıl çalışacağını en temel düzeyde yöneten kilit niceliklerden birisi sıfıra bu denli yakın ama sıfır değil? Bu soru bütün fiziğin en önemli çözülmemiş gizemlerinden birisidir.

Kütleçekim kadar zayıf bir kuvvetin Dünyada ve astronomi ile kozmolojideki tüm olgularda böylesi önemli rol oynaması tuhaf görünebilir. Bunun sebebi çoğu durumda diğer kuvvetlerin hiçbirisi büyük uzaklıklarda etki gösteremiyor. Örneğin elektrik kuvveti durumunda hemen hep eşit sayıda proton ve elektron birbirlerine bağlanmış bulunur. Dolayısıyla toplam yük sıfır olur. Tüm cisimlerin muazzam sayılarda yük içerdikleri halde birbirlerini elektriksel olarak çekmemelerinin sebebi budur.

Kütleçekim hep çekici olan tek kuvvettir. Bunun anlamı onun, madde birikimleri düşünüldüğünde etkileri birbirini götürmek yerine hep toplanmak gereken tek kuvvet olmasıdır. Dolayısıyla muazzam sayılarda parçacıktan oluşmuş, gezegenler ya da yıldızlar gibi cisimlere gelindiğinde parçacıklardan her birisinin minicik kütleçekimleri toplanır ve duruma egemen olur.

Kütleçekim sabitinin inanılmaz zayıflığı böylece yıldızların varlığı için gerekli oluyor. Kabaca söylemek gerekirse, bunun sebebi kütleçekim zayıfladıkça merkezdeki basınç, çekirdek tepkimelerini ateşleyecek kadar yeğınleşene dek daha çok protonun birbiri üzerine yığılması gereğidir. Bunun sonucu olarak, kütleçekim sabiti küçüldükçe yıldız yapmak için gerekli proton sayısı artar. Yıldızlar öylesine çok büyük olmalarının sebebi kesinlikle kütleçekim sabitinin öylesine küçücük olmasıdır.

Yıldızların öyle büyük olmaları bizim şansımız. Çünkü bu onların milyarlarca yıl yaşamalarına izin veriyor. Yıldız ne denli çok yakıt içerirse çekirdek kaynaşması ile daha uzun süre enerji üretir. Bunun sonucu olarak tipik bir yıldız uzun bir süre yaşar, on milyar yıl kadar. Kütleçekim kuvveti, asıl olduğundan bir miktar daha yeğın olsaydı yıldızlar gene var olurlardı ama çok daha küçük olup çok çok daha hızlı yanarlardı. Bu etki çok dramatik-

tir. Kütleçekim kuvveti sadece on kat yeğin olsa tipik bir yıldızın ömrü kabaca on milyar yıldan on milyon yıl mertebesine iner. Yeğinlik bir on kat daha artarak iki proton arasındaki kütleçekim kuvvetine 10^{-36} mertebesinde bir etki yapsa yıldızın ömrü on bin yıla düşüverir.

Ama yıldızların varlığı sadece kütleçekim kuvvetinin inanılmaz derecede zayıf olmasını gerektirmez. Yıldızlar proton ve nötronları kaynaştırıp, gittikçe kütleleri daha büyük çekirdekler silsilesi yaparak yanarlar. Bu süreçlerin olması için proton ve nötronların çok sayıda çeşit çeşit atom çekirdeği yaratmak için birbirlerine yapışabilmeleri gerekir. Bunun olabilmesi için de temel parçacıkların kütleleri büyük incelikle seçilmelidir. Değişik kuvvetlerin yeğinliklerini belirleyenler gibi diğer parametreler de özenle ayarlanmalıdır.

En çok tanıdığımız üç parçacığı düşünelim: proton, nötron ve elektron. Görüyoruz ki nötronun kütlesi protonunkine neredeyse eşit (aslında azıcık, binde iki kadar daha ağır). Buna karşılık elektron her ikisinden de çok daha hafiftir, protondan bin sekiz yüz kat kadar.

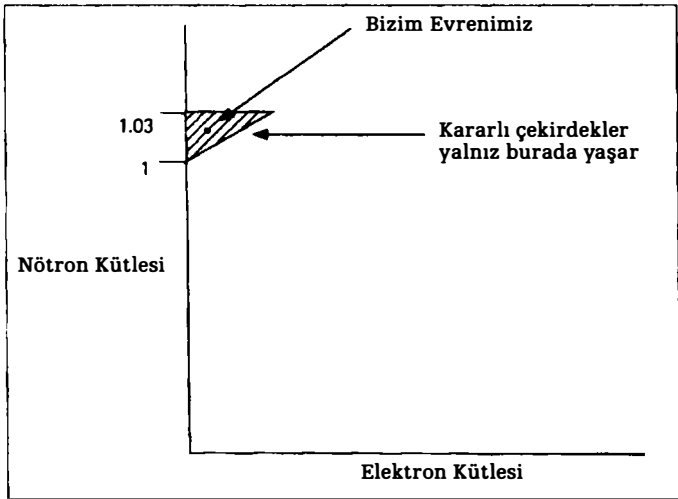
Bu üç parçacığın kütlelerinde bir o kadar gizem var. Nötronla protonun kütleleri niçin bu kadar yakın? Elektron niçin diğer iki parçacıktan çok hafif? Ama en gizemlisi, bu sorundaki iki küçük sayının, elektronun kütlesi ile nötronun protondan olan azıcık kütle fazlalığının birbirlerine epeyce yakın olması. Nötronunki protonunkini, üç elektron kütlesine yakın miktarda aşar.

Proton ve nötronların birbirlerine yapışarak yüzlerce kararlı çekirdek yaptığı düşüncesine öyle alıştık ki bunu olağan dışı bir olgu olarak düşünmek zor. Ama aslında öyle. Eğer elektronun kütlesi nötronun protonu kütlece aştığı miktarla aynı ölçülerde ve her ikisi de proton kütlesinden çok küçük olmasaydı nükleonların² birbirlerine yapışarak kararlı çekirdekler oluşturmaları olanaksız olacaktı. Dolayısıyla bunlar bildiğimiz evren için büyük önemi olan gerçeklerdir. Çünkü çok sayıda değişik ve kararlı çekirdek olmadan, çekirdek ve atom fiziği, yıldızlar ve kimya da olamaz. Dramatik olarak böyle bir evrenin ilginçliği olmaz.

² Çekirdekteki proton ve nötronlar -yn.

Temel parçacık fiziğinin standart modeline göre proton, nötron ve elektronun kütleleri tamamıyla bağımsız parametrelerce saptanmıştır. Kontrol panosunda bu kütlelerin ayarlandığı bir düğme bulunur. Bunu canlandırmak için düzlemde bir grafik düşünebiliriz. Eksenlerden birisi elektronun kütlesi diğeri nötronun kütlesi ile adlandırıldı. Her biri, proton kütlesi birimleri cinsinden ölçülebilir. Bu uzaydaki noktalar bu kütleler için birer seçime karşılık gelir. Demek ki her bir nokta, içindeki parametrelerin farklı farklı seçilmiş olduğu mümkün birer evreni belirliyor.

Bir evrenin atom çekirdekleri olmasının ne kadar olası olduğunu sormanın bir yolu bu uzayda ne büyüklükteki bir bölgenin kararlı atom çekirdekleri olan bir evrene karşılık geldiğini sormaktır. Yanıt şu ki, yalnızca parametreler grafiğin küçük bir köşesinde seçilirse (Şekil 1) çekirdekler kararlı olur. Kararlı çekirdekler yoksa yıldızlar yanamayacaklarına göre yalnız o küçük bölge içine düşen mümkün evrenlerde yıldızlar olabilir.



Şekil 1: Parçacık fiziğinin standart modelinin parametre uzayından iki boyutlu bir kesit. Nötron ve elektron kütleleriyle adlandırılmış. Küçük bölge kararlı çekirdeklerin bulunabileceği parametre değerlerine karşılık geliyor.

Yıldızların olması için özenle ayarlanmaları gereken parametreler yalnızca bunlar değil. Örneğin nötrininonun kütlesi. Burada utanç verici bir durumdayız: nötrininonun bir kütlesi olup olmadığını hâlâ bilmiyoruz. Deneysel delillerin kesinliği yok ama diyebiliriz ki kütlesi varsa bu, elektronunkinin yüz binde birinden fazla değil. Ama asıl değerine ilişkin bilgisizliğimize karşın yıldızlara enerji veren çekirdek tepkimeleri olabilecekse nötrininonun kütlesi pek fazla olamaz.

Evrenin yıldızları içermesi için ince ayar yapılması gereken fiziksel sabitleri tartışırken başka çeşit bir soruyu daha ele alabiliriz. Evren niçin yıldızlara yer olacak kadar büyük? Niçin çok daha küçük, belki de atomlardan bile küçük değil? Ayrıca niçin evren yıldızların oluşmasına yetecek kadar uzun süren milyarlarca yıldır yaşıyor? Bunun yerine niçin sadece birkaç saniye yaşamıyor? Bunlar saçma sorular gibi gelebilir, ama değil. Çünkü evrenin çok büyük ve çok yaşlı olabilmesi gerçeği standart modeldeki belli bir parametrenin aşırı derecede minik olmasına bağlı. Bu parametreye kozmolojik sabit deniliyor.

Kozmolojik sabit, boş uzaya ilişkin içkin bir belli kütle ya da enerji yoğunluğunun ölçüsü olarak anlaşılabilir. Boş uzayın bir parçasının kendi kütlesi olması Einstein'ın genel görelilik kuramının izin verdiği bir olanak. Eğer bu büyükçe olsaydı madde tarafından hissedilebilir ve evrenin bir bütün olarak evrimini etkileyebilirdi. Örneğin bundan yeteri kadar olsaydı bütün evren kendisini çabucak toparlayarak, ölü bir yıldızın kara deliğe çökmesi gibi kütleçekimle çökecekti. Bunun olmaması için kozmolojik sabite ilişkin kütle, şimdiye dek değindiğimiz kütlelerden çok daha küçük olmalıdır. Proton kütlesi birim alındığında bu kabaca 10^{-40} 'tan daha büyük olamaz. Böyle olmasaydı evren yıldızları oluşturmaya yetecek kadar uzun yaşayamazdı.

Evren görünüşte zırvalık derecesinde küçük sayılarla dolu. Örneğin hayal edilebilecek en ağır temel parçacığın ne olacağını merak edebiliriz. Bu öyle ağır olmalı ki kendi kütleçekim kuvvetine boyun eğerek anında kara deliğe çöksün. Daha büyük değerlerinde bunun olacağı gerçek bir kütle var. Buna, kuantum mekaniğinin kurucusu Max Planck'ın adına Planck kütlesi deniliyor. Planck kütlesi temel parçacıklar ölçeğinde muazzam olup, proton kütlesi

birimi cinsinden 10^{19} kadardır. Bildik birimlerde ise yaklaşık 10^{-5} gram kadar (kabaca canlı bir hücrenin kütlesi) eder. Tersinden bakarsak, mümkün en büyük kütle cinsinden, nötronun kütlesi 10^{-19} , elektronunki 10^{-22} , kozmolojik sabit ise 10^{-60} 'tan daha büyük değil.

Bir temel parçacık kuramcısı için konuştuğumuz bu değişik kütlelerin değerlerinden daha büyük bir gizem yok. Bir numaralı gizem proton kütlesinin Planck kütlesiyle kıyaslandığında niçin bu denli minicik olması. İkinci gizem, kozmolojik sabitin niçin daha da çok minik olması. Kozmolojik sabitin ölçeğiyle Planck kütlesinin arasındaki oran 10^{60} . Temel fiziğe bu denli kocaman bir oran girmesi olağanüstü. Ama hepsi bu değil. Bu değerleri dikkate alınca, görünüşe göre raslantıyla, tipik bir yıldızın ömrü evrenin, en iyi değerini genişleme hızından bulabildiğimiz ömrüyle aynı gibi.

Eğer ilk yıldızlar büyük patlamadan milyonlarca yıl sonra oluştuysa niçin evrenin genişleme hızı yıldız ömrünün ölçeğine oturmuş olmalı? Ne türlü bir fiziksel düzenek buna dayanak olabilir? Evrenin geçmişiyle temel parçacıkların özellikleri (protonun kütlesi ya da kozmolojik sabitin yeğinliği gibi) arasında hiçbir ilişki olmadığını söyleyen kökten atomculuğun sınırlamalarını en açık işte bu tür gizemlerde görüyoruz.

Okur belki de hâlâ burada anlaşılabacak, inanılmaz bir şeyler olduğuna ikna olmamıştır. Devam edeyim o zaman. Henüz yalnızca kütleçekim üzerinde durduk. Ele alınacak üç etkileşme daha var. Bu kuvvetler gene ek parametrelerle betimleniyor. Bunların birçoğu için öykü aynı.

Kütleçekimin ardından, yaşamlarımızda en belirgin olan kuvveti ele alabiliriz, birinci bölümün teması olan elektromanyetizma ve ışık.

Doğanın modern resmi için elektromanyetizmanın önemi abartılamaz; zira günlük yaşamımızdaki, kütleçekimden ileri gelmeyen hemen her olgu bunun bir göstergesidir. Örneğin bütün kimya elektromanyetizmanın bir yanıdır. Çünkü kimyasal tepkimeler elektronların atom çekirdeklerinin çevrelerindeki yörüngelerindeki düzenlenmelerinde olan değişimler olup, elektronları yörüngelerinde tutan da elektrik kuvvetidir. Işık da elektromanyetizmanın bir özelliğidir, çünkü o elektrik ve manyetik kuvvetleri taşıyan alanlar boyunca giden bir dalgadır.

Elektromanyetizma kütleçekimden iki bakımdan ayrılır. Birincisi iki temel parçacık arasındaki elektrik kuvveti, aralarındaki kütleçekimden çok daha yeğindir. Elektriksel etkileşmenin yeğinliği alfa adı verilen bir sayıyla ölçülür. Esas itibarıyla iki proton ya da elektron arasındaki elektrik kuvvetinin yeğinliğini ölçen alfanın değeri 1/137 kadardır. Fizikçiler alfanın niçin bu değerde olduğunu yirminci yüzyıl boyunca merak edip durdular.

Elektriğin kütleçekimden farklı olduğu ikinci şey bunun yalnızca çekici olmamasıdır. İki elektrik yükü birbirlerini aynı ya da zıt olmalarına bağlı olarak iter ya da çeker.

Kütleçekimde yaptığımız gibi bu özellikleri olan bir kuvvetin yıldızların varlığı için ne denli önemi olduğunu sorabiliriz. Işık yıldızlar için gerçekten esaslı bir şey yapıyor. Çünkü yıldızlarda üretilen enerjinin uzaklara taşınması gerekir; yoksa yıldızlar ısıyamaz ve enerjiden kurtulamayınca da patlayıverirler. Işık işte tam olarak, yıldızlarda üretilen enerjinin evrenin geri kalanına taşınma aracıdır.

Ancak, elektrik kuvvetinin varlığı yıldızlar için bir soruna daha yol açar. Aynı cins yükler birbirlerini iter ve de bir-ikisi dışında atomların hepsinin çekirdeklerinde, hepsi aynı yüklü ve sıkışık olarak yerleşmiş çok proton bulunur. İçindeki tüm bu protonların itişmesiyle çekirdeğin patlamasına engel olan ne?

Elektriğin de kütleçekim de durumu kurtarabilecek hali yok. Çekirdekler var olacaklarsa gerekli olan belli özellikleri olan bir diğer kuvvettir. Bu, atom çekirdeğini bir arada tutacaksa nötron ve protonları çekici olarak etkilemelidir. Bunun tüm protonların itişmelerine, karşı etki yapacak kadar yeğin olması da gerekir. Ama fazla yeğin de olamaz yoksa çekirdeği parçalamak çok zor olacağından yıldızların içindeki zincirleme çekirdek tepkimeleri olamaz.

Bu kuvvet kısa erimli de olmalı, yoksa evrendeki tüm nötron ve protonları çekerek koca bir çekirdek haline getirme tehlikesi doğardı. Aynı nedenle elektronlara etki yapamaz yoksa bunları çekirdeğin içine çekip moleküllerin ve kimyanın varlığını olanaksız yapardı.

İşte tam bu gerekli özelliklere sahip bir kuvvet var. Buna yeğin çekirdek kuvveti denilir ve etkisini, olması gerektiği gibi az çok atom çekirdeklerinin büyüklüğü mertebesindeki bir erimde gösterir.

Yüzden çok kararlı çekirdeğin varlığının, çekici kuvvet yeğİnliğİnin protonların iticiliğİni çok iyi dengelemesinden ileri gelmesi çok dikkat çekici. Bunu görmek için çekirdeklerin artık kararlı olmadığını görmek için elektrik kuvvetinin yeğİnliğİni ne kadar artırmamız gerektiğİni ya da çekirdek kuvvetinin yeğİnliğİni ne denli azaltmamız gerektiğİni sormalıyız. Yanıt: çok değıl! Yeğİn etkileşme yalnız %50 daha zayıf olsa elektriksel itmenin üstesinden gelinemez ve çoğı çekirdek kararsız olur. Biraz daha gidip %25'ine inerse tüm çekirdekler darmadağın olur. Aynı etki yeğİn etkileşmeyi aynı tutup elektriksel itmeleri on kat kadar artırmakla da edinilir.

Böylece görüyoruz ki, sadece çok türde çekirdek olması, dolaşısıyla da bizimki gibi farklı kimyasal özellikleri olan çok sayıda molekül içeren karmaşık bir evrenin olabilirliğı, en nihayetinde temel etkileşmelerden ikisi olan elektromanyetik kuvvet ile yeğİn çekirdek kuvveti arasındaki epeyce ince bir dengenin sonucudur.

Son olarak, zayıf çekirdeksel etkileşme denilen bir adet daha temel etkileşme var. Buna da çekirdeksel etkileşme denmesi etki gösterdiğı ölçeğİn atom çekirdeğı ölçülerinde olmasıdır. Ama yeğİn çekirdek etkileşmesinden çok daha zayıftır. Nesneleri bir arada tutmakta bir rolü olması için fazla zayıftır ama parçacıkları birinden ötekine dönüştürmekte gerçekten önemli bir rol oynar. Yıldızlardaki fiziğİn dayandığı, elektronla protonu nötron ve nötrinoya dönüştüren temel çekirdek tepkimesi bu zayıf etkileşmedir.

Bunlarla yeni karşılaşılan okurlar duraklayıp bu dört temel kuvvetin özellikleri üzerinde düşünmek isteyebilirler, çünkü evrenimize temel biçimini veren bu kuvvetler hep birlikte, değışik özellikleriyle, hem karmaşık hem de uyumlu olan bir evrene izin vermeye çalışıyorlar. Birini kaldırın ya da erimini veya yeğİnliğİni değıştirin, çevremizdeki evren anında buharlaşacak iyice farklı bir evren var olacaktır.

Bu evrenlerin herhangi birisi yıldız içerir miydi? Kaçında yaşam bulunabilirdi. Her iki soruya da yanıt: gördüğümüz gibi pek çok değıl.

Fizikçiler durmadan, doğanın ne denli basit olduğundan söz ediyorlar. Gerçekten doğa yasaları çok basit ve onları daha iyi anladıkça daha da basitleşiyorlar. Ama aslında doğa basit değıl.

Bunu görmek için tek yapmamız gereken, olan evrenimizi, gerçekten basit hayali biriyle kıyaslayalım. Örneğin evreni tekdüze, sabit sıcaklık ve yoğunlukta bir nötron gazının doldurduğunu hayal edelim. Bu yeterince basit olur, bunu evrenimizle kıyasladığımızda bizim evren olağanüstü karmaşık ve değişken.

Şimdi, duruma ilişkin gerçekten ilginç olan şey, doğa yasaları basittirler ya gene de bu yasaların çeşitlilikle nitelendiğini söyleyebilmemizdir. Yalnız dört temel kuvvet var ama bunlar erimleri ve etkileşme yeginalikleri bakımından dramatik çeşitlilik gösterir. Evrendeki nesnelerin çoğu yalnızca dört kararlı parçacıktan yapılmıştır: protonlar, nötronlar, elektronlar ve nötrinolar. Ama bunlar geniş bir kütle aralığına düşerlerken her biri dört kuvvetin değişik karışımlarıyla etkileşirler.

Burada yaptığımız basit gözlem, çevremizdeki evrende gördüğümüz çeşitliliğin büyük ölçüde temel kuvvet ve parçacıklardaki çeşitliliğin sonucu olmasıdır. Yani fizik yasalarında çeşitliliğin çok olmasındaki gizemlilik aslında niçin fizik yasalarının evrende böylesi yapı çeşitliliğine izin veriyor olmasıdır.

Evrenimizi gerçek olarak anlayacaksa büyük ölçeklerdeki yapılar ile temel parçacıklar arasındaki bu ilişkiler raslantıdan farklı bir şey olarak anlaşılmalıdır. Şunu anlamamız şart, nasıl oluyor da temel parçacıkları ve etkileşmelerini yöneten parametreler öyle dengelenmiş ve ayarlanmış oluyor ki böylesi çeşitlilik ve karmaşıklığı olan bir evren doğuyor.

Şüphesiz bunun sadece bir raslantı olması da mümkün. Belki de daha ileri gitmeden sadece şunu sormalıyız: gelişigüzel parametrelerle seçilen bir evrenin yıldızları içermesi ne kadar olasıdır? Söylemiş olduklarımıza bakarak bu olasılığı tahmin etmek basit. İlgiilenen okurlar için aritmetiği notlarda. Yanıt, yuvarlak hesap 10^{229} 'da bir şans!

Bu sayının ne denli gülünç derecede küçük olduğunu betimlemek için şuna bakabiliriz: evrenin görülebilen kısmında yaklaşık 10^{22} yıldız olup bunların tümü bir arada 10^{80} proton içerir. Bu sayılar devasa ama 10^{229} 'un yanında sonsuz küçük kalırlar. Bana göre bu denli küçük bir olasılık, açıklamadan geçebileceğimiz bir şey değil. Kesinlikle şans burada işe yaramaz; bu denli olanaksız bir şeyin dönüp dolaşıp tutmasının akılcı bir açıklamasına gereksiniyoruz.

Parametrelerin böylesi olasılıksız değerlere ayarlanmış olmasının sebebini arayabileceğimiz üç yön biliyorum. Birincisi bir çeşit *insancı ilke*'ye doğru³. Denilebilir ki bir kimse, evreni böylesine yaratan bir Tanrı olduğuna inanıyor. Öyle yaratıyor ki, onu sevecek akıllı yaratıklar olsun. Hatta ona olan sevgimizin, varlığımızın ne denli olanaksız olduğunu anladıktan sonra yaptığımız akıllıca bir seçim olduğunu da hayal edebiliriz. Dinsel inanca karşı söyleyebileceğim pek az şey olsa da bunun, bilimsel sorulara verdiği yanıtları akılcılık çerçevesinin dışından gelen bir inanca dayandırması bakımından mistiklik olarak kabul etmeliyiz.

İnsancı ilkenin değişik bir şekli çok büyük sayılarda evrenler olduğu hipoteziyle başlıyor. Her birisinde parametreler gelişigüzel seçilmiş oluyor. Bunlardan en az 10^{229} adet varsa, şansına bunlardan en az birisinde yıldızlar olabilecektir. Bunun sorunu, hemen hemen her şeyin açıklanmasını mümkün kılmasındadır çünkü bu evrenler arasında diğer, aynı olanaksızlıktaki evrenlerin çoğunu bulabiliriz. Bu şekilde savlamak akıl yürütmek değil, sadece akılcı bir açıklama aramaktan cayma oluyor. Böylesi bir akıl yürütme biyolojiye uygulanmış olsaydı doğal seçim ilkesi hiçbir zaman bulunamazdı.

Parametreleri açıklamaya ikinci yaklaşım bütün evrenin matematiksel tutarlılıkta yalnız bir tek ve biricik bir kuramı olması hipotezi. Eğer bu kuram bulunursa, sadece onu açıklama olarak kabullendiğimiz gibi başka bir seçeneğimiz olmayacak. Ama o zaman evrendeki varlığımıza ne anlam verebileceğimizi hayal edin. Matematiksel tutarlılığın, parametrelerin, yıldızlı ve yaşamlı bir evrenle sonuçlanacak olağanüstü olasılıksız değerler almasındaki tek neden olmasını hayal etmek inanışımızı zorluyor. Eğer en sonda 10^{229} 'da bir şansımızı matematik tek başına kazanıyorsa, mistik olmaktan başka pek bir seçimimiz kalmıyor. Bu, insancı ilkeden de daha arı bir mistiklik olacaktır, çünkü o zaman Tanrı'nın bile evreni yaratırken başka şansı olmayacaktır.

Olabilecek tek diğer şey bunlardan çok daha dünyevi. Bu da parametrelerin, bilinmeyen bir fiziksel sürece göre fiilen zamanla değişebilmesi. O zaman, aldıkları değerler geçmişimizde olmuş gerçek fiziksel süreçlerin sonucu olabilir. Bu bizi Platoncu felse-

³ Antropik ilke -çn.

fenin sınırları dışına götürür, ama gene de evrenin, inanca ya da mistikliğe dayanmayan, tamamıyla akılcı bir kavranışı için en iyi umudumuz gibi görünüyor.

İkinci kısımda böylesi bir kuram için bir yaklaşım betimleyeceğim. Ancak, buna gelmeden önce, izleyen iki bölümde son yirmi yıl içinde temel parçacıkların, niçin onları bulduğumuz gibi olduklarını açıklamak için önerilmiş olan kuramlardan bazılarına döneceğim. Bunu iki nedenle yapıyorum. Birincisi çünkü bu kuramlardan öğrenilecek kimi önemli dersler var. Bunların hem başarıları hem başarısızlıkları bu zor araziye daldığımızda bize yol işareti olacaklar. Ama daha da önemlisi, önereceğim çözüm kurgusaldır, hatta gözü kara bile görünebilir. Okur bunu tartmak için hangi almasıkların önerilmiş olduğunu ve aynı problemlerin çözümüne ne denli iyi yaklaştıklarını bilmek isteyecektir.

Geçmiş yıllarda durum her ne idiyse, modern zamanların asıl işlevi ya da hayali yetisi, gerçeklere, bilime ve sıradan yaşantılara nihai canlandırma vererek, onları her gerçek nesneye ve yalnız gerçek nesnelere ait olan parıltı ve görkem ve de nihai ünle donatmaktır.

*- Walt Whitman, "A Backward Glance
Over Troubled Waters"*

DÖRT

BİRLEŞTİRİLME DÜŞÜ

Evrenimizi açıklama umudu verecek kadar ilginç olan herhangi bir kuram, teklik ve çeşitlilik arasındaki ilişki sorunuyla karşı karşıya gelmek zorundadır. Bu, siyaset için kesinlikle doğrudur. Bugün demokrasinin ilerlemesi toplumu, kendilerine ait çok ve çeşitli etkileşmelerin birlikte çalışarak ortak bir yaşam dokuduğu çok farklı kültürlerin ve bireylerin bir ağı olarak anlamamızı gerektiriyor. Bu bilimde daha az doğru değil. Önceki bölümlerde evrenin nasıl muazzam çeşitlilik ve karmaşıklığının basit ve sıradan bir takım öğelerden yapıldığını, dört kuvvetin dört kararlı parçacığın yaşamını yönettiğini gördük. Ama doğadaki inanılmaz olgu türünlüğünün, temel parçacıklar ve etkileşmelerinin özelliklerindeki çeşitliliğin bir göstergesi olduğunu da gördük. Ayrıca dünyamızın elementleri kotararak, onu sürekli ışık ve enerjiyle doldurup yaşama yuva olan yıldızlarla dolması için, temel parçacıklar ve etkileşmelerin özelliklerindeki büyük farklılıkların gerekli olduğunu da gördük.

Ancak, tıpkı doğada gördüğümüz harika olgu çeşitliliğinin tümü sadece dört temel kuvvet ve dört kararlı parçacıktan gelen bir ortak yapıyı gizliyorsa sormak isteriz, acaba temel parçacıkların ve kuvvetlerin çeşitliliği de ortak bir kökeni gizliyor mu? Bu çeşitliliğin önemli oluşunun değerini anlasak bile gene de bunla-

rın tümünü birbirine bağlayan bir ortak şey olup olmadığını bilmek isteriz. Dört temel kuvvetin tümünün tek bir esas kuvvetin bir göstergesi olması mümkün müdür? İşin altında protonların, nötronların, elektronların ve tüm diğerlerinin hep ortak bir elementten yapıldığının bulunması mümkün müdür?

Temel parçacıkların ve etkileşmelerinin çeşitliliklerinde bu, birlik keşfetme arzusu temel parçacık fiziğinde yüz yıldan fazla süren ilerlemenin kaynağıydı ve şimdi kuramsal fizik ve de kozmolojideki krizin köklerini aramayı sürdürürken yönelmek zorunda olduğumuz işte bu düşür. Bu bölümde bu düşün ilerleyişini ve en büyük zaferi olan standart modele nasıl götürdüğünü izini süreceğiz. Sonra, izleyen bölümde de, ortaya konulmasının ardından yirmi yıl boyunca bu düşe neler olduğunu anlamaya çalışacağız.

Birleştirilme, yani şimdiye dek tamamen ayrı olduğu sanılan iki olgunun aslında ortak kökenli olduğunun keşfi kuram fizikçileri olarak en azından bir kısmımızın düşlediği şeydir. Her bir birleştirilmenin keşfi doğayı anlayışımızdaki bir basamağı temsil eder. Bu her gerçekleşişinde, bize doğanın anlaşılabilir olduğuna ilişkin kibrimizin kavrayışımızla karşılık görüp duracağı güvenini verir. Dahası, birleştirilmenin merkezinde bir güzel fikir olduğu bulunduğunda, biz insanların sahip olduğu görülen gizemli gücün, doğanın görünüşlerinin ardında ne olduğunu hayal edebilmenin gene işe girdiğine olan güvenimiz yenilenir. Fizikteki ilk büyük birleştirilme, geçen [19.] yüzyılın ortalarında James Clerk Maxwell adlı İskoç fizikçi, elektrik ve manyetizmanın, aslında elektromanyetizma adını verdiği tek bir olgunun değişik görünümleri olduğunu keşfettiğinde geldi. Ödülü bütün bilim tarihinde en büyük içgörülerden birisine sahip olmak olacaktı. Elektrik ve manyetik alanları betimleyen denklemleri bir sisteme getirmeye uğraştığında denklemlerin biçimlerinde rahatsız edici bir asimetri keşfetti. Denklemleri sırf estetik gerekçelerle daha simetrik yapmak için değiştirdi. Derken yeni denklemlerinin, elektrik ve manyetik alanlar boyunca gitmesi gereken dalgaların varlığını öngördüğünü keşfetti. Bunların hızlarını hesaplayabilmesi de büyük bir keşfe götürdü: Bu hızın ışık hızına eşit olduğunu bulmuştu! Sık sık o anda neler hissettiğini hayal etmeye çalışırım. Ondan önce hiç kimsenin bilmediği ama ondan sonra herke-

sin hazıra konacağı bir şey keşfetmişti; ışık, elektrik yüklerinin ve mıknatısların aralarındaki kuvvetleri taşıyan alanlar boyunca bir dalgadır. Şüphesiz bilimle geçen bir yaşamda böyle bir an bütün ağır çalışmalara ve hayal kırıklıklarına değer, hatta binlerce çalışan can için bile.

Bu harikulade [20.] yüzyılda birçok böyle keşif anı daha oldu. Sonuç olarak Maxwell'in büyük keşfinin, sadece yalnız elektrik ve manyetizmanın değil, aynı zamanda çekirdek kuvvetlerinin de tek bir ilkenin değişik göstergeleri olduğunu anlamamıza götüren gelişmenin ilk basamağı olduğunu anlıyoruz.

Ancak, birleştirilme arzusu yirminci yüzyıl fiziğine enerji verecek tek tema değil. Atomculuğun ve indirgemeciliğin gerektirdikleri daha az önemli olmuyor. Ama öyküyü gerçekten ilginç kılan, sonunda atomculuğun mantığıyla birleştirilme arzusu arasında bir çelişki bulunması. Çoğu zaman dendiği gibi fiziğin amacı temel parçacıkların tamamıyla birleştirilmiş bir kuramını keşfetmekse de temel parçacıkların birbirlerinden ve evrenin geçmişinden bağımsız mutlak özellikleri olması kavramı ile, tüm temel parçacık ve kuvvetlerin tek bir temel varlığın görünüşleri olduğunu savlayan tam bir birleştirilme fikri arasında gizli bir gerginlik var. Göreceğimiz gibi bu çelişki fiziksel evreni anlayışımızdaki birlik ile çeşitlilik arasındaki ilişkiyi anlamamızın anahtarıdır.

Çelişki doğuyor, çünkü eğer içinde herhangi bir olgu çeşitliliği olaksa evren yalnız tek bir tipte temel parçacıktan oluşmuş ya da tek bir kuvvetin yönetiminde olamaz. Önceki bölümde gördüğümüz gibi ilginç bir evren etkileriyle birbirlerini dengeleyecek farklı özellikleri olan kuvvetleri gerektirir. Ayrıca değişik temel parçacıkların kütlelerinin de büyük oranlarda farklı olmasını da gerektirir. Tek bir tür parçacıktan ya da bir tek kuvvetten yapılmış bir evren çökertecek kadar sıkıcı olurdu.

Parçacık fiziğinin standart modeli, temel parçacık ve kuvvetleri birleştirmekte en azından kısmi olarak başarılı oluyor çünkü temel parçacıkların ve kuvvetlerin birbirlerinden niçin farklı olduklarını açıklayabiliyor. Bunun, yani çeşitliliğin temel parçacıkların ve etkileşmelerinin birleştirilmiş kuramı bağlamında nasıl doğduğunun anlaşılma şekli temel parçacık fiziğinin bu [20.] yüzyılda ilerleyiş öyküsünden öğrendiğimiz önemli derslerden birisidir.

Temel parçacık fiziği, modern bilim olarak 1930'larda birkaç yüz çekirdeğin tümünün nötron ve protonlardan oluştuğunun keşfiyle başladı. Bunun getirdiği basitleştirilme pek uzun ömürlü olmadı. İzleyen yirmi yıl içerisinde daha büyük hızlandırıcıların yapılmasıyla her biri nötron ve proton kadar temel görünen pek çok temel parçacık bulundu. 1950'lerin sonlarına gelindiğinde sayıları yüzlerce olmuştu.

Bir şeyler yapılmalıydı. 1960'larda bu parçacıkların çoğunun, nötron ve proton dahil tıpkı atomlar gibi, temel olmadığı önerildi. Bunlar daha çok kuark adı verilen daha temel parçacıkların bileşimi olmalıydı.

1975'te lisansüstü eğitime başladığımda kuark kuramı temel parçacık fiziğinin standart modeline geliştirilerek zafere erişmişti. Temel parçacık fiziğine ilgi duyan bir genç öğrencinin o dönemlerde karşılaştığı atmosfer daha dramatik ve kamçılayıcı olamazdı. Kuark kuramının zaferi, erken 1970'lerde atom çekirdeğinin içinde işleyen kuvvetleri anlayışımızda gerçekleşen devrimin parçası olmasıydı. Bu devrimin sonucu, içinde yeğin ve zayıf çekirdek kuvvetlerinin bir ölçüde elektromanyetik kuvvetlerle tek bir kuramda birleşerek yaptıkları *standart model* oldu.

Standart model aslında yakından ilişkili iki kuramdan oluşuyor. Birincisi Maxwell kuramının genişletilmesi olup bunu zayıf çekirdek kuvvetiyle bir araya getiriyor. Buna Weinberg-Salam kuramı denilir. İkincisi kuarkların birbirlerine bağlanarak protonları nötronları ve diğer parçacıkları nasıl yaptığının bir kuramıdır. Buna, az sonra anlaşılabilecek bir nedenden *kuantum renk dinamiği*¹ denilir. Bu gelişmelerin ertesinde, bilimin hiçbir alanı heyecan ve görkem bakımından temel parçacık kuramıyla yarışamaz. Fizik çalışmalarımıza bu zaferin gölgesinde başlayanlarımız, kişisel tutku ya da alçakgönüllülük düzeyimizden bağımsız olarak yatmaya gidip, matematiğimiz her nasıl yeterince hayal kurucu ise ve yeterince sıkı çalışırsak ayağımız takılıp bir sonraki birleştirilme düzeyine düşmemize yetebilecek kadar şanslı olabileceğimizi düşledik.

Standart model onlarca yıldır biriken çok sayıda farklı farklı deneysel veri parçalarını anlaşılabilir kıldı; ayrıca yeni olgular

¹ QCD: quantum chromodynamics –yn.

öngördü. 1970'lerin ortaları ve sonları boyunca kuramın ayrıntılı sınamaları kaldırıp kaldıramayacağını görmek için epeyce deney yapıldı. Dolayısıyla bu dönem kuram ve deney fizikçileri arasında büyük ölçüde bir etkileşme ve işbirliğiyle dikkati çekti. Standart modeli sınama sorununa epeyce seminer hasredildi. Sınırlar gerildi ve zaman zaman bu seminerler insanların birbirlerine bağırıp çağırmasıyla sona erdi. Bunu gözlemek, eğer çalışmanızı bir seminerde ilk kez sunma fırsatı arayan yeni bir lisansüstü öğrencisiyseniz oldukça kaygılandırıcı oluyordu. Aynı zamanda önemli bir şey olduğunu gösteren bir işaret gerekiyorsa bu tutkuydu.

Yalnız standart modelin bir zaafı var. Bunu zaten anlatmıştım: çok sayıda serbest parametresi bulunuyor. Dolayısıyla büyük bir başarı olduğu halde, bir temel kuram olarak alınamayacağı ilgili herkes için apaçık. Keyfi olarak seçilebilen yirmi parametresi olan hiçbir kuram hiçbir şeyin temel kuramı olarak düşünülemez. Açıkça eksik olan, bu parametrelerin değerlerini saptayacak bir takım ek ilkeler. Böylesi ilkeler için her öneri, tartışmasını yapmış olduğumuz gibi, mevcut değerlerinin olasılıksızlığıyla ilgili muammalarla karşı karşıya gelmek zorundadır.

Ama standart model hakkında anlaşılmak gereken ilk şey bunun birlik ile çeşitlilik arasındaki gerginliği nasıl giderdiğidir. Nasıl oluyor da elektromanyetizma ile zayıf ve yeğin çekirdek etkileşmeleri gibi farklı olgular tek bir kuram kapsamına alınıbiliyor? Kuram bunu yapabiliyor çünkü iki basit fikir üzerine dayanıyor. Bunlara *ayar ilkesi* ve *kendiliğinden simetri kırılması* deniliyor. Bunların her biri hakkında bir şeyler bilmek bizim için yararlı olacak.

Ayar ilkesi basit bir felsefi fikre dayanır. Bu, hiçbir parçadan yapılmadıkları halde temel parçacıkların nasıl farklı özelliklere sahip olabildikleri sorusunun bir yanıtıdır. Bunu anlamak için "bir parçacık (nötron diyelim), eğer evrendeki yegâne parçacık olsaydı, atomcu felsefenin varsaydığı gibi gene aynı parçacık mı olacaktı?" sorusunun makul olup olmadığını sorarak başlayalım. İçinde tek bir parçacık olan bir evreni hayal etmek kolay olsa da aslında hiçbir şeyi yalınmış olarak gözleyemeyiz. Sırf bir şeyi gözleme eylemi onun başka bir şeyle -ışık, biz ya da ölçme aygıtı- etkileşmesi demektir. Öyleyse elektron gibi bir temel parçacığın

özelliklerinin ona özgü mü yoksa kısmen onun ve evrendeki diğer nesnelerin etkileşmesinin bir görünüşü mü olduğunu sormak makul olacaktır.

Temel parçacıkların özelliklerinin, mutlak mı yoksa sadece bunları evrenin geri kalanına bağlayan ilişkiler ve etkileşmelerden mi doğduğu sorunu çok eski. Bu en azından Newton ile Leibniz arasındaki tartışmalara kadar gider. Ama bu çekişme aslında felsefi bir ilgi olmaktan daha fazla bir şeydir. Çünkü bu yirminci yüzyıl kuramsal fiziğindeki tüm önemli gelişmeler için merkezidir. Standart modelin dayandığı görelilik kuantum kuramı ve ayar ilkesi bu soruyu yanıtlama girişimlerinden evrildi. Dahası bunların hepsi, şu ya da bu şekilde nesnelerin özelliklerinin ilişkilerden doğduğu görüşüne dayandıklarından, hep sorunun aynı yanına gelirler.

Ayar ilkesini anlamak için basit bir durum olan elektrik yükünü ele alalım. Hepimiz okulda elektronun eksi yükü protonun da artı yükü olduğunu öğrendik. Ama aslında hangisinin eksi hangisinin artı olmasının bir anlamı var mı? Kesinlikle asıl önemli olan sadece yüklerin ilişkileri, hangileri aynı hangisi zıt.

Bu soru abes görünebilir, çünkü hangisinin artı hangisinin eksi olduğu sırf bir dil, bir uzlaşım sorunudur. Burada ortaya koyduğum şekliyle de sormaya değmez. Ama 1920'lerde çok ileri görüşlü matematikçi ve fizikçi Herman Weyl, bu sorunun çok daha ilginç olacak şekilde sorulabileceğinin farkına vardı.

Herman Weyl'in dikkatini çeken şuydu: çoğu deney olaylara küçük bir uzay bölgesinde bakmayı gerektirir. Dolayısıyla üstüne gidilecek şey varsa o da ilişkiler olmalı; tek önemli olan da belli bir deneyde yükler arasındaki ilişkilerdir. Mutfağımızda bazı atomlarla oynuyorsak sizler de kendi mutfaklarınızda benzerini yapıyorsanız hangi yükün artı ya da hangisinin eksi olduğuna ilişkin, sizlerin ve benim hangi uzlaşımı kullandığımız önemli mi?

Görünüşe göre sizler ve ben farklı uzlaşımaları kullanmakta özgürüz, ama buluştuğumuzda ne yapacağız? Diyelim ki kendi mutfağımdan bir elektronu sizinkilerden birine götürüyorum. Hâlâ her birimiz kendi uzlaşımımıza göre artı ya da eksi demeyi sürdürebilecek miyiz? Ya da iki elektronumuz etkileşirken aynı uzlaşımı mı kullanmak zorundayız? Görünüyor ki uzlaşımalar arasında bir

anlaşmaya varmamız gerekiyor, yoksa karşılıklı elektronlarımızın birbirini iteceğine ya da çekeceğine nasıl karar veririz ki? Ama bir uzlaşımı diğerine tercih etmek için mutlak bir sebebimiz olmadığına göre nasıl seçmeliyiz? Görünüşe göre yüklerimizi etiketlemek için keyfi bir otoriteye gereksinmemiz olabilir. Fakat Herman Weyl burada ilginç bir hamle yaptı ve bunun yirminci yüzyıl fiziğinde derin etkileri oldu. Keyfi bir etiketleme yapma olanağını kabullenmek yerine her birimizin hangi parçacığa artı ya da eksi demekte özgür olacağımız bir yol olması gerektiğinde ısrar etti.

Bunda ısrarcı olarak Weyl'in, Lebniz'in felsefesindeki bir ilkenin ardından gittiği söylenebilir. Buna *yeterli neden ilkesi*² denilir. Bu, evrenin betimlenmesinde bir seçme durumu olduğunda birini ya da diğerini tercih için akılcı bir neden olmadıkça bir seçim yapmaya zorlanmamalıyız. Bu ilkeye göre, belli yüklere artı belli yüklere de eksi dememiz için ya akılcı nesnel bir neden olmalı ya da bu seçimleri nasıl istersek öyle yapmalıyız.

Weyl, yükleri etiketlemekteki özgürlüğümüzü korumanın bir yolu olduğunu buldu. Bu, yükler arasındaki kuvvetin doğrudan doğruya iletilmemesini gerektiriyor. Bunun yerine elektriksel kuvvet bir alan aracılığıyla aktarılmalıdır. Alan, uzayın her noktasında var olan bir şey. Kuvvetin alan tarafından taşınması yükün sadece hemen yakınındaki alanla etkileşmesi anlamına gelir. Yükün varlığı, yakınındaki alanda bir değişim yapar, bu değişim de bütün alan boyunca iletilir. Her bir yük diğerini ancak alanda yaptığı etkiyle hissederek.

Bütün önem her bir yük ile çevresindeki alanda olduğundan, Weyl alanlarla parçacıkların etkileşmelerini belirleyen yasanın, hangi yüklerin artı hangilerinin eksi olacağını seçme özgürlüğümüzü koruyabileceğimiz gibi düzenlenebileceğini keşfetti. Alan bir yükün varlığına ilişkin bilgiyi uzlaşımlarımıza dayanmayan bir biçimde taşıyabilir. Bunun sonucu olarak değişik yerlerde, değişik şekilde seçip bu seçimi keyfimize göre her zaman değiştirebiliriz. Ama bunu ancak alan belli denklemleri sağlıyorsa yapabiliriz. Weyl bunları yazar yazmaz büyük bir keşif yapmış olduğunu gördü: denklemleri elektromanyetik alanların sağladıklarıyla aynıydı. Bu demektir ki anlatmakta olduğum öykü doğa üzerine

² Bu ilkeyi ilk öne sürenin Miletoslu Anaksimander olduğu biliniyor –çn.

olup, mutfak felsefesi üzerine hayali bir serüven değil. Yüklere isteğimize göre artı ya da eksi deme özgürlüğümüzü korumamız için varlığı gereken alan gerçek olup, buna elektromanyetik alan diyoruz.

Demek ki, yüklerin tamamen ilişkileri cinsinden tanımlanabilmesi fikri felsefeden daha öte. Bu fikir, betimlediğim usavurma silsilesi içinde, parçacıklar arasındaki kuvvetleri taşıyacak yeni alanların varlığını öngörmeye götürebilirdi. Bu, aldığı şekliyle bir ilke kılıfına giriyor, ayar ilkesi.

Bu ilke, elektrik yükünden ötelenerek de daha karmaşık durumlara genellenebiliyor. Böyle yaparak, elektrik ve manyetizmanın fiziğini güzel bir şekilde genişletecek yeni bir kuram sınıfı icat edildi. Temel parçacık fiziğinin standart modelinin altında yatan işte bu yeni kuramlar oldu.

Bunun nasıl olabileceğini anlamak için daha karmaşık bir tür elektron düşünelim, bir değil üç türlü yükü olsun. Bu yükleri üç asal renkle adlandıralım. Böylece şimdi kırmızı yüklerimiz, sarı yüklerimiz ve mavi yüklerimiz var. Weyl'in fikirlerini izleyerek birçok kişi, "eğer değişik yerlerde ve değişik zamanlarda hangi rengin hangisi olduğu hakkında fikrimizi değiştirebileceksek ne olurdu?" diye sordu. Bunun, eğer renkli parçacıklarla etkileşen bir alan varsa başarılabileceğini buldular. Bu yeni alan elektromanyetik alandan daha havalı bir nesne, sanki yalnız renkli parçacıklarla değil birbirleriyle de etkileşen *sekiz* değişik elektromanyetik alan. Yeni kuramlara, bunları 1954'te diğer kişilerin yanı sıra, birlikte öneren C. N. Yang ile Richard Mills'ten dolayı Yang-Mills kuramı dendi.

Yang-Mills kuramlarının yeğin ve zayıf etkileşmeleri betimlediğinin anlaşılması bir yirmi yıl daha aldı. Sebebi, bu kuramları kuantum mekaniğinin diliyle betimlenebileceğini anlamanın pey öyle kolay olmamasıydı. Bu iş ancak 1971'de başarılabildi, özellikle Hollandalı Gerard 't Hooft adlı doktora öğrencisinin sayesinde.

Bundan kısa zaman sonra birçok kişi Yang-Mills alanlarının bazı dikkate değer özelliklere sahip olabildiklerini farkettiler. Herkes elektrikte zıt yüklerin birbirini çektiği gerçeğine tanıştır. Oysa -renkler örneğimizdeki gibi- birden fazla yük türü varsa bu eğilim çok daha can alıcı şekilde gerçekleşir. Zıt yükler yalnızca çekmek-

le kalmazlar, birbirlerinden ayrılamazlar da. Renkli parçacıkların hiçbir birleşimi, ortalama renk iyice yok olmadıkça diğerlerinden ayrılabilemez. Bu özeliğe *renklerin tutsaklığı* denilir. Bu, doğada renkli bir parçacığın hiçbir zaman gözlenebilemeyeceği demektir. Yalnız renk birleşimleri birbirini götürmüş olan parçacıklar görülebilir.

Bu tutsaklık özeliği anlaşılır anlaşılmaz, bunun fiziğe uygulanımı apaçık oldu. Fizikçilerin zaten proton ve nötronların her birinin kuark denilen üçer parçacıktan oluştuğuna ilişkin iyi nedenleri vardı. Böylece deneylerde görülmüş olan yeğin etkileşen parçacıkların her biri de üç rengin eşit karışımları olarak yorumlanabildi. Sonuçta, tüm yeğin etkileşme olguları, her bir kuarkın bir rengi olduğunun ve aralarındaki kuvvetlerin bunların Yang-Mills alanıyla etkileşmeleri sonucu olmasının düşünülmesiyle anlaşılabilir.

Kuantum renk dinamiği ya da kısaca QCD denilen bu yeni kuram yirminci yüzyıl biliminin zaferlerinden birisi olarak düşünülmelidir. Bu bir kez anlaşıldı mı, çekirdek fiziğinin hepsine ve temel parçacık fiziğinin çoğuna ilişkin dağlar kadar deneysel veri tek bir olgunun görünüşü olarak ortaya çıktı. Hem de güzel olan şey, tüm bu olguların, nesnelerin tüm özelliklerinin *mutlak* anlamları olmayıp gerçek şeylerin ilişkilerinden doğmasıdır.

Standart modelin diğer yarısı ise Weinberg ile Salam'ın zayıf ve elektromanyetik etkileşmeleri birleştirmesi olup bu dahi Yang-Mills kuramıyla betimlenebiliyor. Burada kuram daha da ilginç bir şekilde davranıyor, çünkü görünürde oldukça farklı olan şeyleri birleştirmekte başarı gösteriyor. Elektromanyetik kuvvetin erimi sonsuz iken zayıf çekirdek kuvvetinin erimi atom çekirdeğinin çapından çok değil. Bunlar nasıl oluyor da tek bir kuvvetin değişik görünüşleri olarak beliriyor? Dahası bu kuramda elektron ile nötrino tek bir parçacık türünün görünüşleri olarak ortaya çıkıyorlar. Ama bu nasıl olabilir? Birisinin elektrik yükü var diğerinin hiç yok, kütlesi ise diğerinkinden çok çok daha fazla.

Birleştirilme arayışı serüveni ile atomculuğun mantığı işte bu farklı parçacık ve kuvvetlerin kavuştuğu yerde çarpışıyorlar. Kökten atomculuk dediğim felsefenin ısrarı, temel parçacıkların özelliklerinin içkin olup, geçmişlerinden ve çevrelerinden alıp vere-

cekleri hiçbir şey olmaması üzerinde. Elektron ve nötrino her ikisi de temel parçacıklar. Değişik özellikleri varsa içkin olarak farklı olmazlar mı? Ama öyleyse birleştirilme daha öteye gidemez.

Standart modelin ardındaki ikinci kilit fikir olan kendiliğinden simetri kırılması, bu ikilemden bir kaçış olarak anlaşılabilir. Ana husus şu ki birleştirilme arayışında daha ilerlemek için kökten atomculuğun bir kısmından cayılmalı. Eğer elektron ve nötrino gibi temel parçacıkların, farklılıklarını koruyarak birleştirilmesi ni anlayacaksak parçacıklara içkin olmayan bir şeyi aramalıyız. Bu ne olabilir? Bu soruya verebileceğimiz çok yanıt yok. Bunların, çevreleriyle etkileşmelerinden ileri gelen ve niçin farklı olduklarının açıklanmasında rolü olan bir etki olmalıdır.

Weinberg-Salam modelinde olan işte tam budur. Bu kuramda elektronun kütlesi, içkin olmak yerine, Higgs parçacıkları denilen bir tür başka parçacıklarla etkileşimden ileri geliyor. Higgs parçacıkları olmasaydı elektronun kütlesi olmaz, o da fotonlar gibi ışık hızıyla giderdi. Ama kendisini Higgs parçacıklarından bir gazla çevrili bulduğunda elektron öyle çabuk gidemez. Elektron kütle kazanmış gibi olur çünkü boş uzayda değil bir Higgs parçacığı bulamacında yol alır. Ağırlaşır, çünkü itildiğinde çevresindeki Higgs parçacıkları da hep birlikte itilir.

Aslında, evrenin, elektronlara kütle veren bir Higgs parçacıkları gazıyla dolu olduğuna inanmak için iyi bir neden var. Elektronlarla nötrinolar arasındaki farkı, Higgs parçacığını getirmek pek ortadan kaldırmıyor: farklıdırlar çünkü elektron Higgs parçacıklarıyla etkileşirken nötrino etkileşmez.

Elektronla nötrino arasındaki farkı gidermek için kuram tamamıyla simetrik bir içerikle yazılmalıdır. Kurama bakılırsa elektronlarla nötrinolar özdeş olmalıdır. Bu, nötrinoyla etkileşen ikinci bir Higgs parçacığı takımı eklenerek yapılabilir. Öyleyse iki türlü Higgs parçacığımız olur, bunlara elektron Higgsi ve nötrino Higgsi diyebiliriz. Higgs parçacıkları yokken elektronla nötrino aynı olurlar. Higgsler varken, hangi türü olduğuna göre, ya elektronlar ya da nötrinolar kütlelenir.

Bu düzen, elektronlarla nötrinoların arasındaki farkın çevreye bağlanması amacını sağlar. Bu kurama göre elektron nötrinodan farklıdır, çünkü evren elektron Higgsiyle doludur. Burada betim-

lemeyeceğim ama bu, zayıf etkileşmelerin niçin elektromanyetizmadan da farklı olduğunun açıklamasıdır.

Bir soru henüz yanıtız: Evren niçin yalnız bir çeşit Higgs parçacığıyla dolu? Elektronla nötrinin gene aynı olacakları şekilde her iki türden de eşit miktarlarda olamaz mıydı? Bunu engellemek için Higgs parçacığını güden yasalar öyle düzenlenmelidir ki böylesi bir simetrik kurulum kararsız olsun. Bunun yerine, yalnızca evrenin tek türlü Higgs parçacıklarıyla dolduğu kurulumlar kararlı olsun. Kuramın simetrisini korumak için de hangi türün evreni doldurduğu farketmemeli; kuram, sadece ya birinin ya da diğerrinin bulunmasını şart koşuyor.

Böylesi durumlar fizikte oldukça sıradandır. Pek çok durumda doğa yasaları bir şekilde simetriktir ama yalnız asimetrik kurulumlar kararlıdır. Kuram, simetrik olduğundan hangi kararlı kurulumun seçildiğini söyleyemez. Bunun yerine, seçimi sistem yapmalıdır. Bu olduğunda da *yasaların simetrisinin kendiliğinden kırıldığını* söyleriz.

Bir kalemi ucunun üzerinde dengelediğinizi düşünün. Uzun süre böyle kalamaz çünkü kararsızdır, bir yönden ya da diğerrinden azıcık bir itmeye düşer. İyice dengelendiğinde, kütleçekim bize ne yöne düşeceğini söyleyemez; her yön diğeriyle aynı. Ama en ufak bir sarsıntı simetriyi kırarak daha kararlı fakat daha simetrisiz bir konuma götürür, kalem yanal yüzeyi boyunca yatar.

Uçarı görünme pahasına belki yaşamdan bir analogiyle bu fikri canlandırabiliriz. Bir kentte büyürken bir diğeriyle ilişkisinde aşkı arayan gençleri düşünün. Kimisi için bir doğru kişi yeterli olurken diğerrleri seçecekleri eşlerini bulana dek birçoğuyla ilgilenebilir. Bu insanların eşler olarak yerleşmesi için çok sayıda düzen olabilir. Bu olabilirlikler arasında, her birisinde az çok eşit mutluluk olacak bir simetri olduğunu söyleyebiliriz. Ancak, durum böyleyse en kararlı yahut mutlu durum herkesin diğerr herkesle eşit süre geçirdiği simetrik durum değildir. Yerine, insanlar görünüşte gelişigüzel ve raslantısal olaylarla karşılaşp birbirlerine aşık olurlar, sonuç da (en azından ideali) belli seçimler üzerine kurulmuş kararlı bir sosyal yaşamın gerçekleşmesi oluyor. Bu kendiliğinden simetri kırılmasının bir örneğidir.

Dahası, diyebiliriz ki toplumsal kimliklerimizin her biri, çok özel ve aile ilişkilerimizle tanımlandığı kadar, her birimizin yetiştirken çok sayıda potansiyel kimliğimiz vardı ama kararlı bir toplumda yalnız birisi gerçekleşebiliyor. Aynı doğrultuda, her bir temel parçacığın farklı bir grup potansiyel özeliği varken kararlı bir evrende yalnız biri gerçekleşebiliyor.³

Higgs parçacıklarının dinamikleri öyle düzenlenmiştir ki bunlar tıpkı bu örnekteki gibi davranıyorlar. Weinberg ile Salam bu Higgs parçacıklarını kendileri icat ettiklerine göre, parçacıkların aralarına istedikleri gibi kuvvetler koymakta da özgürdüler. Higgs parçacıklarının her türünden eşit sayıda içerecek herhangi bir simetrik kurulumun kararsız olacağı bir kuvvet bulmak zor değildi. Bu, boş uzayı da içerir, çünkü hiç parçacık yoksa iki türün de sayıları eşittir, yani her ikisi de sıfırdır. Kararlı kurulumlar yalnız içinde tek tür Higgs parçacığı gazı ile dolu olanlardır.

Higgs parçacıkları hâlâ görülmeyi bekliyorsa⁴ da standart modeli doğrulayan sınamaların tümü Weinberg ile Salam'ın bu konuda haklı olduklarını anlatıyor. Kendiliğinden simetri kırılması, doğanın birleştirilme ve çeşitlilik ikilemini bağdaştırma yoludur. Doğa yasalarını ilgilendirdiği kadarıyla elektron ve nötrino özdeşler. Ama farklılar çünkü içinde dolandıkları çevre onları ayırt ediyor. Elektron, nötrinodan farklıdır çünkü evren her nasılsa bir elektron-Higgs gazıyla dolu oluvermiş.

Bu demektir ki kuram, temel parçacıkların tüm özelliklerini tek başına belirlemiyor. Elektronun kütlesinin olup olmaması, evrenin Higgs parçacıklarıyla dolu olup olmamasına bağlı. Öte yandan evrenin Higgs parçacıklarıyla dolu olup olmaması, sıcaklık gibi genel koşullara bağlı olabilir. Çünkü sıcaklık yeterince yüksekse en kararsız bir yapı bile ısı enerjisiyle sürdürülebilir. Bu, maddenin değişik fazlarının benzeri olan çok sayıda değişik fazı mümkün olan bir evrenden söz etmemize olanak veriyor. Suyu yapan atomlar bir katı, sıvı ya da bir gaz olarak düzenlenebilir. Aynı şekilde Higgs parçacıkları da değişik fazlarda bulunabilirler. Bu

³ S. Weinberg, bu kitabın sonlarında değinilen *Dreams of a Final Theory* adlı kitabının, özellikle 6. ve 8. bölümlerinde bu hususu çok iyi açıklamakta. [*Bir Ötesi Olmayan Kuram Düşleri*, Evrim yay., İstanbul, 2007, çev., R. Ö. Akyüz] –çn.

⁴ Bunlar 2012 yılında CERN'de görüldüler –çn.

fazların bazılarında evren, genel sıcaklığa ve maddenin yoğunluğuna bağlı olarak türlerden birisiyle ya da diğerleriyle dolu olabilir.

Temel parçacık fiziğinin yasaları bu kurulumlar arasından seçmiyorlar, yalnızca bunların değişik olanaklar olmasına izin veriyorlar. Bu demektir ki temel parçacıkların özellikleri sonuçta evrenin geçmişinden ve durumundan etkilenmektedir. Mikro ile kozmos arasındaki bağlantı düşü artık filozofların fantezisi olmayıp, temel parçacıkların standart modelinde gerçekleşiyor.

SİCİM KURAMI DERSLERİ

Temel parçacık fiziğinin standart modeli, yüz yıldan uzun süredir süren keşiflerin bir anıtı olarak duruyor. İçinde, 1840'larda elektrik ve manyetik alanların icadından 1980'lerde W ve Z parçacıklarının keşfine dek edindiğimiz tüm bilgiler saklı. Daha da iyileştirmesi zor oluyorsa sebebi onun böylesine toptan bir zaferi temsil etmesidir. Ancak, standart model, kusurlarıyla birlikte bizi bu uzun dönem içinde tüm anlaşılmayanlarla karşı karşıya gelmeye de zorlamaktadır.

Temel parçacık kuramcılarının 1970'lerin ortalarından beri meydan okuyan asıl şey standart modelin nasıl geliştirilebileceği. Ayar ilkesinin, doğadaki tüm etkileşmelerin tek bir temel kuvvetin görünüşleri ve tüm parçacıkların da tek bir temel varlığın değişik gerçekleştirmeleri olduğunu açığa çıkaracağı bir genellemesi var mı? Varsa da böyle bir kuram, standart modelin sınırlamalarını aşarak, tüm parçacıkların sahip oldukları özelliklerin niçin *öyle* olduklarını, çok sayıda parametreyi elle belirlemeye sığınmadan açıklayabilecek mi? Yoksa doğanın bu parametrelerin değerlerini nasıl seçtiğini açıklamak için yeni bir ilke mi gerekiyor?

Eminim ki dışarıdan bakanlar için kuramsal fizik zor ve gizemli bir uğraş. Ama aslında pek de karmaşık değil. Fizik öğrencileri, diğer disiplinlerin çoğundan çok daha az bilgi soğurmak zorundalar. Bunun yerine, fizikçilerin eğitimi evrene ilişkin belli tür sorulara yaklaşmakta yararlı olacak becerilerde uzmanlaşmaktan ibarettir. Bunlar arasında mesleğin bir takım yararlı araçları bulunur. Bunlardan, problemleri sezgilerimizle düşünebileceğimiz bir noktaya kadar basitleştirmekte yararlanırsınız. Bu araçların en güçlülerinden birisi ölçekler cinsinden düşünme yeteneğidir.

Bunun arkasındaki fikir çoğu fiziksel olgunun uzunluk, zaman, enerji ve kütlelerin özel ölçeklerinde yer almasıdır. Örneğin tüm atom-

lar yaklaşık aynı boyda, 10^{-8} santimetre kadardır. Tüm atom çekirdekleri yüz bin kere daha küçüktür. Çoğu yıldızın kütlesi güneş kütlesinin on kat altında ya da üstündeyken, gökadalardan çoğu kabaca bizim Samanyolumuzdaki kadar yıldız içerir. Bu nesnelerin herhangi birisini anlamaya bir ilk adım olarak bunların tipik boyutlarda olma nedenlerini kavramalıyız. Bunu yapmak için, bize nesnenin tipik boyutuna ilişkin on çarpanı mertebesinde tahminler yapmamızı sağlayacak basit görüşler ararız. Bu genellikle daha kesin betimler için gerekli karmaşık hesaplamalardan daha aydınlatıcıdır.

Bunu basit bir örnekle canlandırabilirim. Temel fizik yapmak istediğimizde, doğadaki en esas olgunun ölçeğinin ne olmak gerektiğini sorabiliriz. Bunlar yalnızca fiziğin evrensel yanlarını ilgilendiren olgular olmalıdır. Üç evrensel olgu biliyoruz: devinen her şey görelilik ilkeleriyle betimlenir, var olan her şey ise kuantum kuramıyla betimlenir; kuvvetler arasında ise, yalnız kütleçekim evrensel olarak her şeye etki yapar. Böylece yalnızca kütleçekimi işe karıştıran en basit süreçlerin neler olabileceği sorulduğunda, yanıt sırf kütleçekim ve kuantum kuramıyla betimlenebilenler olmalıdır.

Bunu yapmak kolay çünkü görelilik ve kuantum kuramlarına ilişkin evrensel üç fizik sabiti var. Bunlar, kütleçekim kuvvetinin yegİnliğini ölçen Newton'ın kütleçekim sabiti G , kuantum olgularının ölçeğini veren Planck sabiti h ve de ışık hızı olan c 'dir. Bu sabitleri bir araya getirerek temel kuantum-kütleçekim süreçlerinin oluştuğu ölçekleri betimleyecek bir birimler takımı yapabiliriz. Bunlara Planck birimleri denilir. Planck kütlesini görmüş bulunuyoruz. Bu, olabilecek en büyük kütleli temel parçacığın ölçeğiydi. Bu, temel sabitler cinsinden basit bir ifadeyle verilir (matematikten uzak okurlarımız sıkılmasınlar, bu birimlerin tanımları bu kitaptaki yegâne formüller olacak):

$$\text{Planck kütlesi} = \sqrt{(hc/G)} = 10^{19} \text{ proton kütlesi} = 10^{-5} \text{ gram}$$

Benzer olarak uzunluk için de basit bir birim bulabiliriz; bu:

$$\text{Planck uzunluğu} = \sqrt{(hG/c^3)} = 10^{-33} \text{ santimetredir.}^1$$

¹ Bunların üçüncüsü olan *zaman birimi* ise şudur: Planck zamanı = $\sqrt{(hG/c^5)} = 10^{-43}$ saniye -çn.

Bu uzunluk bize yalnızca kütleçekim ve kuantum kuramı etkilerini içeren herhangi bir basit sürecin ölçeğini vermekte. Bunu görmek için diyelim ki elimizde kütleçekimin bir kuantum kuramı olsun ve bu bir şeyin büyüklüğünü öngörsün. Bu öngörü, uzunluk betimleyen bir matematiksel ifade vermeli. Böylesi her ifade basit bir sayılar karışımı çarpı Planck uzunluğu gibi olacaktır. Böyle olmalı çünkü Planck uzunluğu, kurama giren yegâne sabitler olan G , h ve c ile uzunluk elde etmenin tek yoludur. Sayıların herhangi bir basit topluluğu 2, 3, 5, π , ... gibi çarpanlar içerecektir. Böylesi birkaç sayının çarpımı fazla büyük ya da fazla küçük bir sayı veremez. Bu bakımdan kuramın öngöreceği herhangi bir uzunluğun, Planck uzunluğunun büyüklüğü mertebesinde olması beklenir.

Bu biraz, hile gibi görünse de genellikle fizikte böylesi usavurumlara güvenilir. Gerçekten, kuantum kütleçekimine değişik yaklaşımların hepsi bir en küçük uzunluk bulunduğunu ve bunun Planck uzunluğu mertebesinde olduğunu öngörüyor. (Bunu 22. Bölümde daha ayrıntılı olarak ele alacağız.)

Planck birimlerine ilişkin en çarpıcı şey bunların atom ve çekirdek fiziğinin ölçeklerinden ne kadar uzakta oldukları. Proton ve nötronlar yaklaşık 10^{-13} santimetre çapında. Eldeki hızlandırıcılar 10^{-15} santimetreye kadar yoklayabiliyor. Planck uzunluğu ise 10^{-32} santimetre, *on sekiz kere on çarpanı kadar daha küçük*. Bu çok can sıkıcı. Bu demektir ki, dünyamızın yapısında temel olsalar da, kuarklarla elektronların, evrende gerçek temel olmalarını beklediğimiz şeylerin ölçekleriyle kıyaslandıklarında kesinlikle hâlâ muazzam olmaları demektir.

İşi daha beter yapan ise Planck ölçeğinin, halen akıl edebileceğimiz herhangi bir teknolojiyle yoklayabileceğimiz olgulardan çok uzakta kalmasıdır. Erişmek için daha da gitmemiz gereken uzaklık kabaca, ayın yörüngesinin bir atomun boyuna oranı gibidir. Doğaya ilişkin görsel betimimiz, Mısırlı astronom Klaudios Ptolemaios'un, ayın ilk sağlıklı yörünge kuramını geliştirdiği MÖ 300'den, Niels Bohr 1911'de atom boyutunun ilk bağıntısını yazıncaya dek nasıl değiştiğini düşünürsek, bunun, olguları Planck ölçeğinde nasıl düşünebileceğimizi söyleyecek bir temel kuram edinene dek daha ne kadar değişebileceğine ilişkin bir fikir sahibi olabiliriz. Bu, ayar kuramını standart modelin ötesine uzandıra-

cak herhangi bir girişimin önündeki kesinlikle en büyük engeldir.

İkinci bir engel, kuramın, evrende gördüğümüz her bir temel parçacığın niçin farklı özeliği olduğunu kendiliğinden simetri kırılması fikrine dayandırmasından ileri geliyor. Güzel bir fikir olmasına karşın bunun gerçekleşmesinde belli bir yakıştırma niteliği bulunuyor. Bu güne değin kimse bir Higgs parçacığı gözlemediği gibi bunların özelliklerine ilişkin ancak pek kesin olmayan bir fikirimiz var. Bunun sonucu olarak Higgs parçacıkları, içlerinde hâlâ belirlenmeyi bekleyen çok sayıda serbest parametre içeren modeller cinsinden betimlenmektedir. Fizik kuramlarımızdaki serbest parametrelerin sayısını azaltmak için bir umudumuz varsa, bu modelleri bir şekilde özelliklerini daha bir temel kuramın gerektirdiği sonuçlar olarak anlamak zorundayız.

Higgs parçacıklarının doğası sorunu Planck ölçeğinin ıraklığı problemiyle yakından ilişkilidir. Cahilliğimize karşın bir Higgs parçacığını keşfetmek için gerekebilecek enerjiyi kabaca tahmin edebiliriz. Tüm etkileşmelerin tamamen birleştirilmesi olacaksa kuarkların yeğın etkileşmelerini diğer etkileşmelerden ayırt edecek Higgs parçacıkları olmalıdır. Bunlar içinse ölçek çok yüksek, proton kütlesinin 10^{15} katı kadar olmalıdır. Bu, Planck ölçeğine, anladığımız fiziğin ölçeğinden çok daha yakın. Dolayısıyla farklı etkileşmeleri daha da birleştirecek her girişim, düşünebileceğimiz deneylerinkinden on büyüklük mertebesinde çok daha ötede olacak ölçekleri düşünmeyi içeriyor. Öyleyse, standart modelin ötesine gitme problemini böylesine çetin ceviz yapan engeller bir tür komplo kurmuşlar. Geriye bakınca yirmi yılın daha temel bir kuram bulmak için yetmemesi pek de sürpriz değil.

Tabi, 1970'lerin sonlarında görünen bu değildi. Fizikçiler başka insanlardan farklı değiller. Standart modelin taptaze dramatik başarılarının hemen ardından yapılacak tek şeyin, bunda çok işe yarayan fikirlerin bir uzantısını bulmak gibi görünüyordu. Yang-Mills kuramının kendiliğinden simetri kırılmasıyla bir araya getirilmesi tüm etkileşmelerin bir Büyük Birleşik Kuram altında birleştirilmesi için yeterince güçlü görünüyordu.

1975'te böyle bir kuramın nasıl yapılabileceği berraklaşmıştı. Tüm parçacıkları bir büyük aile içine koyup aralarındaki tüm farklılıkların yalnızca etkileşmelerden ileri geldiğini varsayma-

lıydık. Weyl ile Yang ve Mills'i takip ederek, bu farklı parçacıklara ait yaftaların, sırf uzlaşımlardan gelmelerini ve bu uzlaşımların farklı gözlemciler tarafından özgürce belirtilebilir olmasını isteyebilirdik. Sonuçta, tüm parçacıkların katılımı olacak tek bir birleştirilmiş etkileşme olacak; parçacıkların ve etkileşmelerin arasındaki farklılıklar ise kendiliğinden simetri kırılması hilesiyle işin içine sokulacaktı. Belki kütleçekim dışında tüm fizik yasaları bu basit birleştirilmiş kuramdan türetililebilecekti.

Bu iyi bir fikirdi, hatta harika bir fikirdi. 1975'te biraz şanslı bir kimsenin, bunu verecek doğru yola rastlayabileceğine kesin gözüyle bakılıyordu. Böylece de parçacık fiziği, bütünüyle, bir Büyük Birleşik Kuram içinde birleştirilmiş olacaktı. 1970'lerin sonlarında ve 1980'lerde bu fikrin pek çok değişik çeşitleri icat edildi. Bunlara $SU(5)$, $SO(10)$, E_6 , E_8 ,² teknirenk ve süper-simetri gibi, adlar verildi (bu adların çoğu, kuramların üzerlerine kuruldukları matematik yapılardan gelir.) Gerçekten de çoğu, standart modelin tüm bilinen fiziğini vermek bakımından işe yaradı. Fakat en sonunda sorunun kaynağı da bu oldu. Bu farklı kuramları deneysel olarak ayırt edebilecek bir fırsat doğmadıkça olabilecek çok fazla şey ve çok fazla keyflik bulunuyordu.

Ama bundan da öte, standart modeli fazla yakından taklit etme girişimi onun ana zaafını da sürdürdü. Ayar ilkesini bir Büyük Birleşik Kurama genelleyecek çabaların çoğu, aynen az önce sözünü ettiğimiz iki problemle sonuçlandı. Koca ölçek silsilesi ve tam uygun özellikleriyle o Higgs parçacıkları takımı çoğu zaman elle getirilmekte. Dahası bu kuramların hiçbirisi, deneysel verilere uymaları için parametrelere çok ince ayar yapılma gereksinimini ortadan kaldırmadı. 1980'lerin başlarına gelindiğinde birçok kişi, gerçekten birleştirilmiş bir kuram bulunacaksa yeni bazı fikirler gerektiğini anlamaya başladı.

Fizikçileri ilerlemenin sırf standart modeli taklit ederek olabileceği fikrinden kurtaran tıkayıcı deneyim, belki de büyük birleşik kuramlardan en basitinin 1980'lerin başlarındaki özellikle dramatik başarısızlığı olmuştu. Büyük birleşik kuramların deneyle sınanması için olabilecek bir şey vardı; işe yaradığı takdirde fiziğin daha ileri düzeyde birleştirilmesi deneyci ve kuramcılarının

² Bu kuramı değerli Türk fizikçisi Feza Gürsey ileri sürmüştü –çn.

geçmiş yüzyıllarda fiziği nitelendiren geleneksel işbirliğini ardından bırakmadan ilerleyebilir. Bu da, böylesi kuramların öngörmek durumunda kaldığı ek etkileşmelerin sonucu olarak protonların radyoaktif bozunmaya karşı kararsız olmalarıdır.

Sebebi, ayar kuramlarının ardındaki temel felsefi fikrin özüne gider. Bu, temel parçacıkların özelliklerinin, birbirleriyle etkileşmelerinin sonucu olması gerektiği ilkesidir. Çünkü parçacıkları birbirinden ayırt eden fiziksel süreçler bunları birbirlerine dönüştürme etkisi de yapabilirler. Bu süreçler iyice nadir olabilirler ama bir düzeyde bulunmaları gerekir. Bunların arasında kuarkları elektronlara ve nötrinolara dönüştüren süreçler de bulunmalıdır. Bu bir protonun içindeki bir kuarka olursa sonuç protonun elektron ve nötrinolara bozunması olacaktır.

Şüphesiz eğer yarın sabah çok daha yalın bir evrene uyanmayacaksa böylesi süreçler iyice seyrek olmalıdır. Öyle bile olsa bu harikulade bir durum; çünkü proton bozunması gerçekleştiği takdirde sırf büyük birleşik kuramın doğru olduğunun bir işareti olabilecektir. Dahası olay çok seyrek bile olsa –proton evrenin yaşından milyon kere milyar kere uzun bir yarı ömürle bozunacak– her büyük proton topluluğu (büyük bir yüzme havuzundaki su gibi diyelim) öyle çoğunu içerir ki olasılık yasalarına göre bu olaylar yılda bir kereden çok görülmelidir. Böyle bir olay çok büyük miktarda enerji açığa çıkaracağından proton bozunmasını görmek için sadece, havuzu varlayıcılarla kaplayıp, bunların kozmik ışınlarla tetiklenmesini önlemek için gerektiği gibi, bir maden ocağının derinlerinde yahtarak arkamıza yaslanıp beklemektir.

Bu gibi deneyler için 1980'lerin başlarında pek çok hüner ve beceri kullanıldı ama ne yazık ki sonuç olumsuz çıktı. Hiçbir protonun bozunduğu görülmedi. Bu, büyük birleştirilme fikrini öldürmez sadece, proton bozunmasının, eğer varsa bu deneylerde gözlenmeyecek kadar seyrek olması anlamına gelir. Ama bir şeyi öldürdüyse o da büyük birleşik kuramların doğrudan bir gerçekçi sınanma umudu oldu. Bunun sonucu olarak da birleştirilme düşü kovalayanlarımız hoşla gitmeyecek bir gerçekle yüz yüze geldik: bütün fiziği birleştirme düşünüyü sürdürmek istiyorsak bunu yakın zamanda deneysel fizikten gerçekçi bir kılavuzluk beklentimiz olmadan yapmalıydık.

Şayet birleştirilme programından harika bir şey çıkarsa er ya da geç deneysel fiziğin bunu yakalayacağını kesinlikle umabiliriz. Yeni bir kuram, onun yokluğunda düşünölemeyecek yeni tür deneyleri bile belirleyebilir. Bilim tarihi tam böyle örneklerle doludur. Maxwell'in elektromanyetizma kuramından önce radyo dalgalarının yayılmasına bakmak hiç de akıl kârı olmazdı. Proton bozunması da böyle bir örnek işte: Büyük birleştirilme kuramlarının geliştirilmesinden önce kimse buna bakmanın akıllıca bir şey olacağını düşünemezdi. Dolayısıyla bir süre için deneylerin kılavuzluğu olmadan ilerlemek hiç de çılgınca olmaz. Sadece bu durumda çok uzun süre kalmayacağımızı umabiliriz.

Proton bozunması deneylerinin başarısızlığı üzerine fizikçiler standart modelin ötesine gitmek için daha kökten öneriler yapmakta özgürleştiler. Bunların en önemlisi kuşkusuz üzerinde yoğun olarak çalışılmaya 1984'te başlanan sicim kuramıdır. Sicim kuramının öyküsü bu kitabın savları için iki bakımdan önemli. Çünkü öncelikle bu, tüm temel parçacık ve kuvvetlerin birleştirilme arayışında eşsiz bir vaat olan ayar ilkesinin genişletilme girişimidir. İkinci olarak ise çünkü bu tarihsel olarak, erken kuark kuramlarının yalın atomculuğunu derinden eleştiren düşünce silsilesinden ileri gelmektedir.

Sicim kuramının kökenleri aslında 1960'lara, standart modelin icadından önceye gider. Bu önce, 1950'lerde deneysel olarak keşfedilen tümü temel görünen büyük parçacık sürüsünü bir anlama girişiminden ileri gelmekte. Bu duruma bir yanıt, her bir temel parçacığın aslında daha küçük daha temel birimlerden yapıldığını söyleyen kuark kuramı olmuştu. Ama kuramcılar topluluğunun bir kısmı, bunu bir tür basit atomculuk olarak algılayarak bu adımı atmaya karşı geldiler. Bunlar Geoffrey Chew'un önderliğinde bir düzeyde küçük şeyleri açıklamak için bunları daha da küçük şeylere bölme eğiliminin bir yerde kesilmesi gerektiğine inanmaktaydılar.

Onlar bunun yerine, bu indirgemeci stratejiye "çekirdeksel demokrasi" dedikleri bir ilkeyle karşı geldiler. Buna göre doğadaki tüm parçacıklar aynı ölçüde temel olmalı. Dahası her parçacığın özellikleri, tüm diğerleriyle yapmaları söz konusu olan etkileşmelerden ileri gelmeliydi. Ama onlar Leibnizci felsefeyi yalnızca kucaklamıyorlar, bu fikrin görelilik ve kuantum kuramı ilkeleriyle

birlikte pek çok temel parçacığın tüm özelliklerinin açıklanmasına yeterli olacağını ortaya atıyorlar.

Bu görüşe göre herhangi bir parçacığın özellikleri –kendisi de diğerlerinin özelliklerinin belirlenmesine eşit katkı yaparken– tüm diğerleriyle yaptığı etkileşmeler tarafından belirleniyorsa o zaman fizik yasaları, her parçacığın diğerleri üzerindeki etkilerinin geri dönerek kendi özelliklerini etkileyeceği türden bir sistem olmalı. Öyleyse fizik yasaları öncesiz ortaya atılamaz, kendisiyle tutarlı öyle bir özellikler ve etkileşmeler takımı bulunmalıdır ki sistemdeki her parçacık etkileşmeler ağına hem katkıda bulunmalı hem de bunlar tarafından belirlenmelidir. Öyleyse, temel parçacık kuramcısının ödevi birbirlerini kendisiyle tutarlı bir şekilde belirleyecek bir parçacık ve etkileşme takımı keşfetmektir.

Geoffrey Chew ve çalışma arkadaşları bu fikri ifade eden ve postal bağı³ denklemleri adıyla anılan bir denklemler sistemi yazabildiler. Bu denklemlerin, yalnızca görelilik ve kuantum kuramlarının ilkelerine uymak koşuluyla tek bir çözümü olabileceğini varsaydılar. Böylece bu postal bağı denklemlerinin çözülmesiyle doğa, temel ilkeler ve matematiksel tutarlılık dışında bir girdi olmadan bütünüyle ortaya çıkacaktı.

Bu, anıldığı adıyla postal bağı programı genelde suya düştü. Postal bağı denklemleri hiç çözülemedikleri gibi proton ve nötronun her birinin üç daha küçük parçacıktan yapıldığına ilişkin deliller artık iyice somutlaştı. Ama program bir iki olayda başarılı oldu. Bu olaylarda tutarlılık koşulu öyle ifade edilebildi ki denklemler çözülebildi ve mezon adı verilen parçacıkların çarpışmalarını içeren belli deneylerin doğru betimlerine götürdü.

Daha da belirgin, programın işe yaradığı olaylarda fizikçiler, Yoişiro Nambu, Holger Bech Nielsen ve Leonard Susskind ile başlayarak farkettiler ki buldukları çözümler bir temel parçacığın kaplamı ve boyutu olmayan bir nokta olmalarını bekleyen geleneksel kavrayışa karşılık gelmiyordu. Bunlar matematiksel birer nokta gibi davranmak yerine daha çok uzatılmış bir boyutlu nesneler, lastik bantlar gibi davranıyorlardı.

³ Buna “bot, pabuç, fotin vb” demek de mümkün. Orijinali “bootstrap.” Anlatılan durum “bir insanın kendisini ayakkabı bağlarından tutarak havaya kaldırması”na benzetiliyor –çn.

Bu, atomculuğun belki de doğru olduğu düşüncesine yöneltti, çünkü evrende temel şeyler vardı. Yalnız bu şeyler nokta parçacıklar gibi canlandırılmayacaktı, bunlar daha çok bir boyutluydu. Bu temel, bir boyutlu nesnelere şimdi sicim diyoruz. Tıpkı bir noktanın boyu posu olmadığı gibi bunlar da, çapları sıfır olduğu için uzayda yer kaplamazlar. Ama uzunlukları var.

Evrenin yapısında temel nesneler olduğunu ortaya attığı için sicim kuramı postal bağı kuramcılarının özgün atomculuk karşıtı felsefesini pek tatmin etmez. Bunun yerine, atomculuğun, evrendeki çoğu değişik parçacığı ve kuvveti birleştiren bir kuramın yapılması problemiyle bağdaştırılmasını temsil ediyor. Gerçekten uzaktan bakılınca sicim kuramının birleştirme arzusuyla atomculuk mantığı arasındaki çelişkiye bir yanıt olarak doğmuş olduğu görülebilir. Kökten atomculuk felsefesini izlersek temel parçacıkların noktalar olduğuna inanmalıyız: hiçbir yer kaplamamaları gerekir. Eğer gerçekten yer kaplasalardı parçaları ya da bölgeleri olmak gerekirdi. Ama en azından ilke bakımından bölünebilir olmalılar, demek ki temel değiller.

Birleştirilme fikri aynı zamanda, kuarklar, elektronlar ve nötrinolar gibi değişik temel parçacık türlerinin tek bir en temel parçacığın görünüşleri olmasını gerektirir. Bu ise en temel parçacığın farklı, ayırt edilebilir durumlarda bulunabilme olanağına sahip olmasını gerektirir. Örneğin parçacık farklı şekillere girebilir. Ama kendisi nokta olup, bir biçimi ve uzayda bir yeri olmayan bir şeyin, farklı durum ya da kurulumlarda olabilmesini hayal etmek zor. Ama temel parçacıkların kendi parçaları yoksa bunları noktalar olarak hayal etmeliyiz.

Sicim kuramı bu çelişkiyi çözüyor, çünkü indirgeme sürecinin sonundaki en temel varlıkların noktalar değil iki boyutlu sicimler olduğunu söylüyor. En temel şeyler olduklarından daha da ayrıştırılamazlar, sicimin ayrıştırılabileceği nokta parçacıklar yoktur. Aynı zamanda sicimin değişik kurulumlarda olmasını kolayca hayal edebiliriz. Tıpkı bir gerçek gitar teli gibi, bir temel sicim de değişik kiplerde titreşebilir. İşte sicim kuramında değişik parçacıklar olarak anlaşılanlar sicimin bu değişik titreşim kipleridir.

Bu fikir güzel olmasına güzeldi ama 1960'larda temel parçacıklar arasındaki etkileşmelere uygulandığında başarılı olmadı.

Bunun bir sebebi, ayrıntılı olarak incelendiğinde temel parçacıkların bir boyutlu nesneler olma fikrinin kuantum mekaniği ve görelilik ilkesiyle bağdaşması için uzayın 25 boyutlu olmasının zorunluluğu keşfedildi. Bu belki yeterliydi ama sicim kuramına ilgiyi asıl öldüren, 1970'lerde geliştirildiği şekliyle standart modelin başarısızlığıydı.

*Yönteme Karşı*⁴ adlı kitabında bilim felsefecisi Paul Feyerabend bize, hiçbir kuram gelecekte kuramcılara sunacağı bir şey olmayabilecek kadar gözden düşmez diye salık vermekte. Bunun sicim kuramı için kesinlikle böyle olduğu ortaya çıktı. Zira 1971'de çoğu kimse Yang-Mills kuramı üzerinde çalışırken küçük bir grup –aslında iki üç fizikçi– sicim kuramı üzerinde çalışmayı sürdürdü. Bir yeğin etkileşme kuramı olarak başarısız olduğundan potu arttırmaya karar verip sicim kuramını tüm etkileşmelerin potansiyel bir birleştirilmiş kuramı olarak okudular.

Bunda başarılı olmak için sicim kuramının, standart modelin kuşku götürmez gerçekliklerinin, özellikle doğadaki kuvvetlerin ayar ilkesinden kaynaklandığının anlaşılmış olduğunu içermesi gerekiyordu. Ama bunu başarmak zor olmamalıydı, çünkü o ilke de sicim kuramı da, her bir şeyin kendi özelliklerinin, onun evrendeki diğer şeylerle ilişkilerinden kaynaklandığını söyleyen felsefi fiktirden doğmuştu. Gerçekten de sicim kuramı daha iyi anlaşıldıkça ayar etkileşmelerinin ondan doğduğu besbelli olmaya başladı. Ama bundan da öte, sicim kuramcılar genel akımın dışında, sürgündeyken farkına vardılar ki kendi kuramları, kütleçekim kuvvetinin tüm alameti farikalarını taşıyan bir etkileşmeyi doğal olarak ortaya çıkarıyordu. Kuvvetin doğru yeğlilikle ortaya çıkması için tek yapılacak şey sicimin boyunu Planck uzunluğu kadar seçmekti. Böylece içinde tüm olguların temel bir boyutlu sicimlerin devinim ve titreşimlerinden doğduğu sicim kuramı, fiziğin tümünü tek bir çerçevede içinde birleştirme potansiyeline sahip oluyordu.

Bu çarpıcı keşfin ötesinde, erken 1980'lere kadar kuramcılar ayar ilkesini genişletecek çok güzel bir yol buldular. En azından, Newton'ın çağından beri doğanın temel işleyişini kavramak isteyenler iki ayrı şeyin sözünü ediyorlar: parçacıklar ve kuvvetler. Evreni yapan şeyler ve de onların aralarındaki etkileşmeler işte

⁴ *Against Method* –çn.

orada. Ancak, birçok kimse gibi Leibniz bu ayrılıktan kuşkuluydu. Gerçekte en temel ve basit olan şeyler nasıl da, bir şekilde etki-leştikleri diğerlerine ilişkin bilgi edinebiliyor? Bu bilgiyi edinmek için bir şeyin, değişmesi ya da parçaları olması gerekir. Her iki durumda da söz konusu olan, olabilecek en temel şey değildir.

Lebniz'in basiti kavrayışının arılığında ısrarcı olmadan bile parçacıkların ve kuvvetlerin iki değişik tür şey oldukları fikri-nin birleştirme düşündeki tutkuyu sınırlayacağı apaçıktı. Derken 1970'lerde fizikçiler ayar kuramının parçacıklar ve kuvvetler ara-sındaki bu boğaza bir köprü atacak bir genellemesini icat ettiler. Öyle ki her ikisi de aynı varlığın değişik görünüşleri oluyorlardı. Bu birleştirilmeye süper-simetri denildi. Sicim kuramına sokul-duğunda ise mucizeler yarattığı görüldü. Öyle ki en azından belli bir yaklaşıklıkta sicim kuramının tutarlı öngörüler verebileceğini göstermek mümkün oldu, bu daha önce hiç olamamıştı. Kalan so-run ise sicim kuramının görünürde üç uzay boyutunda kuantum kuramıyla tutarlı olamamasıydı. Yine de süper-simetri en azın-dan, gereken boyut sayısını 25'ten dokuza getirdi.

1960'lardan beri parçacık kuramı iki gruba bölünmüştü: ku-ark kuramının atomculuğunun peşinden gidenler ile postal bağı programından sicim kuramına götüren atomculuk karşıtlığının peşinden gidenler. 1984'te olan ise sicim kuramının temel fiziğe her iki yaklaşımın özelemlerini de bir araya getirip tatmin edebil-diğinin anlaşılmasıydı. Böylece proton bozunması deneylerinin başarısızlığı üzerine fiziği birleştirecek yeni fikirler araştırmaya sürülen ayar kuramcıları topluluğu birdenbire, diyebiliriz ki bek-lentilerin düş kırıklığına uğradığı çölün ortasında eski dostları sicim kuramcılarıyla karşılaştılar. Bu arada ise her iki grup da birleştirilme fikrinin peşinden daha da gitmenin deneysel ola-rak yoklanabilenden çok ötede çalışmalarını gerekeceği gerçeğiyle karşılaşmıştı. Yani birbirlerine rastladıkları çöl, genelde bilimin çiçeklenmesi için hayati olan bir deneysel sonuç kıtlığıyla kavru-luyordu. Bu çölde pek bir çiçek açmıyordu. Bu, yani sicim kuramı ise, evrenin en küçük bir temel varlıktan yapılmış olduğu ve doğa yasalarını yalnızca kendisiyle tutarlı ve içinde ilişkilenmiş bir evrenin varsayımından çıktığı şeklinde anlaşılma isteğini hemen tatmin etmeyi vaat ediyordu.

Sicim kuramının bu kadar kimseyi niçin heyecanlandırıldığını anlamak zor değil. Bunun kütleçekim dahil tüm etkileşmelerin tutarlı bir kuramı olduğuna ilişkin deliller var. Bu büyük birleşik kuramların vaat ettiğinden bile çok. Dahası sicim kuramı ilk postal bağı kuramcılarının doğadaki tüm parçacık ve kuvvetleri bir araya getirecek yalnız bir tek tutarlı kuram bulunabilme hayallerini de doyurur görünmekte.

1985'ten beri açıkça görülmektedir ki fizikte ileriye doğru bir sonraki büyük adım olarak sicim kuramının zaferi önünde sadece bir iki açık problem bulunuyor. Bunlardan birisi uzayın boyutlarını dokuzdan üçe indirmek. Bu çetin ceviz gibi görünse de nasıl yapılacağına ilişkin bir fikir var. Bu daha önceki, kütleçekim ile elektromanyetizmayı birleştirme girişimlerinden ileri gelmekte. Bununla yeni bir kozmolojik etki gelerek, çok küçüklerin fiziği bütün evrenin yapısının bir yanına dayanacaktı.

Fikir, dünyamızın dokuz boyutu olduğunu ortaya atıyor, ama bunlardan altısı öyle kıvrılıp sarılmış olsun ki evrenin bu doğrultulardaki çapı Planck uzunluğundan çok büyük olmasın. O zaman temel parçacıkların hiçbirisi, diyelim protonlar –ki bunlar bu kıvrılmış boyutlardan en az yirmi mertebe daha büyüktür– bu boyutlara ilişkin geri kalan üçünün dışında hiçbir şey bilme olanakları olmayacak. Böylece bu bükülme bir kere anlaşıldığında sıradan ölçeklerdeki fiziğin neye benzeyeceğini (parçacıkların kütleleri ne olacak, değişik kuvvetler nelerdir, bunların yeğinliklerinin oranları nedir?) hesaplamanın sadece teknik bir husus olmasını bekleyebiliriz.

Bu, kendine özgü bir, her şeyin kuramının keşfinin doğurduğu büyük heyecanı şimdi hatırlamak, biraz 1968'i ve yapmak üzere olduğumuz büyük devrimi hatırlamak gibi. Aralarında en parlak ve en yaratıcı gençler de bulunan kuramsal fizikle uğraşan insanlar şöyle diyorlardı: "fiziğin bu son aşamasına katılmak istiyorsanız hemen atlayın, çünkü her şey önümüzdeki on iki ila on sekiz ay içinde paketlenmiş olacak." Birden fazla kimse sicim kuramının fizikte son yüz yıl içindeki en önemli gelişme olduğunu söylüyordu. Kimileri ise deneylerin Galileo'dan beri oynadığı sürücü rolü artık matematiğin üstleneceği, fiziğin yeni postmodern çağının doğmakta olduğunu bildiriyorlardı.

Bu gerçekten de bir polemik dönemi oldu. Fiziğin bitirici kuramını yapmak için biricik fırsatımıza ilişkin on beş dakikalık söylevlerle başlayan seminerler, sicim kuramcılarının fiziği nasıl terk etmekte olduklarını, çılgınca savlarıyla bilimin bütünlüğünü tehdit ettiklerine ilişkin otuz dakikalık söylevlerle başlayan seminerlerle yanıtlanıyordu. Gene de deneyimin verdiği bilgelikle, görünüşe göre ilk ve gerçek her şeyin kuramı elimizdeydi.

Şimdi ise geçen on yıldan sonra denilebilir ki sicim kuramı fiziğin yeni bir birleştirilmesine çabucak götürmedi. Ama öte yandan ne yanlış ne de tutarsız olduğu gösterilebildi. Bitirici birleştirilme düşü çok sayıda çok iyi çalışmaya esin kaynağı oldu. Bunların sonucunda hem sicim kuramının kendisini hem de genel birleştirme projesinin umut ve zorluklarını çok daha derinden anlamaktayız. Sicim kuramı temel fizik üzerinde çalışanlar için önerilmesi söz konusu olabilecek ötesi olmayan bir kuram için en büyük umut kaynağı olarak kalmakta.

Dahası, gelecekte her ne olacaksa olsun, sicim kuramı bir birleştirilmiş kuram olarak, matematiğin birçok dalına devrim getiren güzel fikirlerin keşfine götürdü. Kimi yandaşlarına göre sicim kuramı 21. yüzyıl matematiğinin bir parçası olup şansına elimize 20. yüzyılda düştü. Ben de onların haklı olduklarını düşünme eğilimindeyim. Bugünkü anlayışımıza göre, sicim kuramına ne olursa olsun matematiğinin bir kısmı, kuantum kuramını önünde sonunda görelilik ve kozmolojiyle birleştirecek kuramın kurulması için esas olacaktır.

Aynı zamanda bütün zarıflığına ve umut varlığına karşın sicim kuramı henüz temel parçacıkların özellikleriyle ilgili hiçbir yeni öngörüye götürmedi. Sebebi, etkileşmelerin sicim kuramında birleştirilmesi için ödediğimiz bedelin Weinberg-Salam modelinde kiyle aynı olması: artan bir keyfilik, serbest parametrelerin artan sayısı. Bu bedeli ise bolca ödüyoruz.

Problem ortaya çıkıyor çünkü kuram sadece dokuz boyutlu biçimiyle özgün hâle gelirken bu özgünlük, dünyamızı betimleyecek üç boyutlu bir kuram yapmak için fazlalık altı boyutu kıvırmak yiter gider. Bu altı boyutu kıvırmanın açıkça on binlerce yolu bulunuyor. Bunların her biri farklı farklı parçacık ve etkileşme takımlarının öngörülmesine götürür. Daha beteri bükülen boyutla-

rın altı adet olması gerekmiyor, böylece kalan boyut sayısı sıfırla dokuz arasında her şey olabilir. İyice kötüsü, evren büküldüğünde ek serbest parametreler ortaya çıkar çünkü bükülen her bir boyut için bir çap belirlemek gerekecektir. Sonuç olarak sicim kuramının parametrelerini standart modelle uyuşan öngörüler verecek gibi ayarlasak bile bundan ne denli memnun kalacağımız belli değil çünkü değişik parçacık ve kuvvet takımları gözlenmişse, bunları gerçekleştirecek gibi değişik değişik ayarlar yapılabilir.

Fazlalık boyutları kıvrımanın her bir farklı yolu kuramın farklı bir fazına –suyun farklı fazları gibi– götürecektir gibi anlaşılabilir. Tıpkı Higgs parçacıkları durumunda olduğu gibi temel parçacıkların değişik fazlarda, değişik özellikleri olabilir.

Ayrıca tıpkı o durumda olduğu gibi, temel yasalar evrenin hangi fazda bulunduğunu pek seçer gibi olmayıp, tümüne olabilecek şeyler olarak izin verilip seçimleri evrenin bütünüyle yapısına ve geçmişine bağlı görünüyor.

Uzun süredir beslenen bir umut, matematiksel tutarlılığın, görelilik ve kuantum kuramının ilkeleriyle birlikte doğa yasalarını, tek bir mümkün ve tutarlı temel kuram olacak gibi çok sıkı kısıtlaması beklentisiydi. Ne yazık ki sicim kuramı, en azından eldeki biçimiyle, zıt sonuçlara götürecektir delilleri sağlar görünüyor. Fazlalık boyutları kıvrımanın on binlerce farklı biçimi, evrenimiz için görünürde tutarlı birer yasalar takımına götürmekte. En azından tutarlılığın, olabilecek kuvvet ve parçacıkları hatta uzayın mümkün boyutlarını kısıtlaya bile bunun, sicim kuramının bugüne dek sokulduğu ifade biçiminden görülemediğini söyleyebiliriz.

Bu kısıtlardan bir çıkış yolu var mı? Sicim kuramı tüm etkileşmelerin bir birleşik kuramı olmaya bu denli yaklaşmışken, bu korkunç on bin kat keyfiliğin bedelini savuşturmanın bir yolu var mı? Açıkça gereken şey, sicim kuramının pek çok değişik fazı arasından evrenin hangisinin içinde olmayı yeğlediğini açıklayabilecek bir ilke.

Olabilecek bir şey, sicim kuramının, tüm değişik fazlarının betimlerini birleştirecek daha temel bir düzeyinin olması. Gerçekten de sicim kuramının eldeki formülasyonunun nihai kuram olamayacağına inanmak için iyi bir neden var. Buna göre kuram, bugün anlaşıldığı şekliyle Einstein'ın görelilik kuramından çok

Newtoncu fizikle ortak yanları olan bir uzay ve zaman kavramına dayanmaktadır. Sicim kuramı eldeki formülasyonunda, daha çok Newton kuramındaki gibi geometrisi sabitlenmiş bir uzayda devinen sicimleri betimliyor. Bu, kütleçekim ve diğer kuvvetlerin sicimlerden doğduğunu görmek için yeterli, fakat uzay ve zamanın dinamik ve sabitlenmemiş olması fikrine dayanan görelilik kuramıyla tam bir birleşmenin gerçekleşmesi için yeterli değil. Kütleçekim sicimlerin deviniminden doğuyorsa –ama eğer Einstein’ın bize öğrettiği gibi kütleçekim uzay ve zamanın bir görünümüyse– sicimlerin devinimi, daha doyurucu bir formülasyonda, sabitlenmiş bir uzay içinde olmayacak, uzay ve zamanı onlar yapacaklar.

Bundan dolayı sicim kuramcılarının ana projesi yıllardır sicim kuramını sabitlenmiş uzay ve zaman kurgusuna dayanmayacak gibi yeniden formüleştirmek olmakta. Çoğu sicim kuramcısı böyle bir kuramın bize evrenin hangi fazı seçeceğini söyleyecek bir ilkeyi de vereceğini ummakta. Problem çözülmüş olmasa da, böyle, daha temel bir sicim kuramının bulunma gereğine ilişkin ip uçları var. Sicim kuramının değişik fazlarını bağlayan simetri ilkeleri keşfedildi. Bunların eldeki formülasyon içinde anlaşıl-maması, daha derin ve daha simetrik bir betimlemenin varlığını önermekte. Bu ilkeler bizi değişik fazlar arasındaki geçişlerin nasıl olabildiğini biraz anlamaya da götürmekte.

Daha temel bir düzeyden ortaya çıkacak yeni bir uzay ve zaman kavrayışı gereksinimi, yalnızca sicim kuramının bir sorunu değil. Bu yirminci yüzyıl bilim devrimlerini sonuçlandırmak için çözülmesi gereken ana problemlerden birisidir. Kitabın 4. Bölümünde açıklık getireceğim gibi Einstein’ın genel görelilik kuramı böyle bir dinamik uzay ve zaman kavrayışına erişiyor. Açık kalan soru ise bunun kuantum kuramıyla tutarlı olarak yapıp yapılamaması. Bu problemi çözmek için uzay ve zamana farklı bakmayı öğrenmeliyiz, ilişkisel bir dünyada katılımcılar olarak, mutlak bir dünyada sahne olarak değil. Böyle bir kuram bu güne değin tam olarak başarılamadıysa da çözümüne ilişkin yeni fikirlerin ortaya çıkışı konusunda iyimserim. Bunlar sicim kuramının, eğer vaadini yerine getirecekse anlamamız gereken daha derin formülasyonuna da götürebilecektir. Kitabın son bölümünde bu fikirlere açıklık getireceğim.

Ancak, sicim kuramını anlamaya yönelik daha temel bir yolun icadına umutlanmak için iyi bir neden bulunduğu kadar, bunun niçin evrenin belli bir bükülme biçimini diğerlerine yeğlediğinin anlaşılmasına aynı güzellikte nedenler sağlayacağından emin değilim. Çünkü değişik fizik kuramlarıyla değil, aynı kuramın değişik göstergeleri olan farklı fiziksel fazlarla uğraşıyoruz.

Hiçbir temel kuram bize evrenin belli bir bölgesinde suyun hangi fazını bulacağımızı söylemez. Hiçbir kuram sırf ilkelerinden giderek ucunda dengelenmiş bir kalemin ne yöne düşeceğini ya da kimin kimle evleneceğini öngöremez. Bunlar hep koşullu, çevreye bağlı öğelere bağlı seçimlerdir. Bunlar nesnelerin nasıl yapıldığına ilişkin derin anlayışlara bağlı olmayıp, evrenin bir bütün olarak geçmişine ve nasıl yapılanmış olduğuna bağlıdır.

Ayar ilkesi temel parçacıklara egemen olan kuvvetlerin anlayışımıza muazzam bir derinleşme getirdi. Ancak, dikkat edilecek bir şey var, temel kuvvetlerin doğasına ilişkin anlayışımız sürekli derinleşmekteyse de tek başına bir temel parçacığın –kuark, elektron, nötrino ya da diğerlerinden biri– niçin mevcut kütesine sahip olduğunu açıklamaya yarayan önerilecek tek bir fikir bile önerilmeyi bekliyor. Görünüyor ki birleştirilme kendisiyle birlikte fizik yasalarına ait parametrelerin nasıl seçildiğine ilişkin bir anlayışı hiç getirmemiş.

Bundan kaygılanmaya, sicim kuramının, tek bir her şeyin kuramına çabucak götürmeyeceğinin belirginleştiği 1989 yazında başladım. Cornell Üniversitesinden sicim kuramcısı Henry Tye yeni sicim kuramları üreten kendi bilgisayar programından söz etmişti. Tye'in programını çalıştırdığınızda, betimlemek istediğiniz bir evrenin kaba bir betimini giriyorsunuz. Buna uzayzamanın boyutunu ve evrenin neye benzemesi gerektiğine ilişkin bir şeyler söylüyorsunuz. İstek yaptığınız evrenin yapabileceği tüm sicim kuramlarını çıkarıyor, sayfa başına bir adet. Bazen beceremiyor, ama sık sık çıktı tepsisinde her biri belirttiğiniz koşullara uygun bir deste kuram buluyorsunuz.

Küçük bir yarış tekne var, evime yakın güzel bir gölde onunla zaman zaman gezinirim. O yazın büyük bir kısmını gölde dolanıp durarak ve kafa yorarak geçirdim. Niçin sicim kuramı bir birleştirme olarak bu kadar umut var görünürken standart modelin pa-

rametreleri için tek olabilecek, herhangi bir öngörüye götürmeyi başaramıyor? Fikrin oturması yazın büyük bir bölümünü aldı. Bir birleşik kuram kurmayı başarsak bile bu belki de, temel parçacıkların tüm özelliklerini belirleyemeyebilecekti. Bu düşünceyi çok ürkütücü buldum. Doğruysa bilim nasıl mümkün olacaktı? Temel parçacıkları ve kuvvetleri nitelendiren o sayıların nereden geldiğini nasıl anlayacaktık?

Temel parçacık fiziğini elektronun keşfinden standart modelin zaferine yüz yıldan kısa bir sürede götüren yöntemi ıskartaya çıkarmadan önce kesinlikle tereddüt etmeliydik. Tüm olguların bir gün anlaşılabilmesine dayanak olacak tek bir ilke bulunduğu fikri, genel fikir olarak doğanın kavranabilirliğine, kolayca cayılamayacak kadar çok yakındır. Bize nesnelerin nasıl işlediğini bunları parçalara ayırarak anlatan indirgemecilik felsefesi de çok işimizi gördü. Ancak, temel parçacık fiziğindeki kriz belki de, basitçe indirgemeciliğin ve birleştirme arayışının, görünürde hiç olmazsa şimdilik işe yaramadığı sözleriyle ifade edilebilir.

Bir söylentiye göre bir keresinde Einstein'a kuantum kuramına niçin görelilik kuramının kendi ilk sunuşlarını dayandığı aynı pozitivist felsefeyle yaklaşmadığı sorulmuş. O da yanıtında "iyi bir şaka fazla sık yapılmamalı" demiş. Bununla pozitivizmin bir şaka olduğunu değil, bilimde bir aşamadaki bir stratejinin başka bir aşamaya uygulandığında yararsız olabileceğini hatta yanıltıcı sonuçlara götürebileceğini demek istemişti.

Sicim kuramının ve büyük birleştirme kuramlarının bu çıkmaz durumlarını doğaya ilişkin bir yanlış varsayımın göstergesi olarak aldığımızı düşünelim. Belki de bizi bu noktaya dek başarıyla götüren yöntemsel varsayımlar artık yararlı olamayabilecek. Buraya kadar dayandığımız fikirlerden hangisi bu olabilir ki?

Belki de yanlışlık sicim kuramının kendisinde değil kurama getirdiğimiz beklentilerde. Tüm etkileşimleri birleştirecek bir kuram olacaksa sicim kuramı icat edilmiş olan kesinlikle fazlasıyla en iyi adaydır. Ama parçacık kuramcılarının aslında iki ayrı amacı var. Biri tüm etkileşimler için bir birleşik kuram edinmek. İkincisi ise standart modelin parametrelerinin nasıl seçileceğini anlamak. Birleştirmenin kimi parametrelerin anlaşılmasını da sağlayabilmesi beklenebilir. Fakat bir birleşik kuramın tüm

parametrelerin değerlerini belirlemesi gerektiğini ummak için hiçbir neden var mı?

Ayar kuramlarının gelişim geçmişine burada yaptığımız gibi bakarsak sanırım problemin ne olduğunu ayırt edebiliriz. Problem görünüşe göre birleştirilme arayışı ile farklı temel parçacıkların ve kuvvetlerin niçin böyle çeşitli ve farklı özellikleri bulunmasının anlaşılma zorunluluğu arasındaki içkin çelişkide yatıyor. Ayar kuramları bu çelişkiyi çözmeyi becerdi ama bunu evrenin, temel parçacıkların kimi özelliklerini belirleyecek bir özelliğini veren bir etkiyi ilk kez öne sürerek yaptılar. Kuram böyle yaparak temel parçacıkların özelliklerinin, evrenin geçmişinden ve kurulumundan tamamen bağımsızlığını savlayan kökten atomculuğun öğretilerinden öteye bir adım atıyor.

Sanırım böyle olması gerektiğine inanmak için iyi bir neden var. Çünkü birleştirilme benzemez parçacıklar ve kuvvetler arasındaki farklılığın onlara içkin olmamasını gerektirirken atomculuk en temel parçacıkların daha alt parçaları olmasıyla açıklanamayacağını gerektiriyor. Bu çelişkiye belki de temel parçacıklar ve kuvvetlerin aralarındaki farklılıkların, içinde bulundukları çevreyle olan etkileşmelerinden doğduğunu bulmanın dışında bir deva yok.

Her ne olursa olsun Weinberg-Salam modeli çelişkiyi böyle çözüyor. Çelişkinin sicim kuramıyla çözülmesi de böyle, en azından şimdilik. Dahası işin gidiş yönü açık görünüyor: benzemez şeylerden daha çoğu birleştirildikçe temel parçacıkların ve kuvvetlerin özellikleri çevrenin etkilerine daha çok bağlı oluyor. Sicim kuramındaki mevcut muamma belki bu tür usavurmanın mantıksal sonu gibi anlaşılabilir: her şey birleştirilmiş ama evrenin bir bütün olarak kurulumu için yapılacak on binlerce seçimin her biri değişik boyutta, değişik sayıda temel parçacığı olan, değişik temel kuvvetlerle etkileşen bir evrenle sonuçlanıyor.

Durum buysa o zaman belki de evrenin kendi kurulumunu nasıl seçeceğini yanıtı temel yasaların daha derinden anlaşılmasında değil evrenin geçmişinin daha iyi anlaşılmasında aranmalıdır. Belki yapılması gereken şey kuramların bize görünüşte söylediklerini kabullenmek: bu, evrenin gerçekten temel parçacıkların büyük sayılardaki özellikleri için seçme özgürlüğü bulun-

masıdır. Belki de bu durumda sorulacak doğru sorular bu seçimin yapıldığı koşullar hakkında olmalıdır.

Nihayet, evrenin ne denli girift yapıya sahip olduğunu, evrende yıldızlar olacaksa parametrelerin 10^{229} 'da bir kesinlikle seçilmek zorunda olduğunu düşündüğümüzde bunların değerlerini bütün evrenin geçmişine ve kurulumuna bağlayan varsayımları incelemekten kaçınmalı mıyız? Temel parçacık fiziğinin muazzam ilerlemelerinden bu parametreleri sabitleyecek hiçbir ilke çıkamadı. Belki de böyle bir ilkeyi kozmolojide aramak fazla çılgınca olmaz. İkinci Kısımda üzerinde duracağım fikirler bu çaresizce düşünme döneminden çıkmıştır. Bunlar, hem atomcu hem de kozmolojik olan bir fiziğe mümkün olan bir yaklaşımdır.

İKİNCİ KISIM

UZAY VE ZAMANIN EKOLOJİSİ

Temel parçacıkların özelliklerini belirleyen tek bir temel kuram var mı? Ya da doğa yasalarının kendileri de evrilmiş olabilir mi?

FİZİK YASALARI EVRENSEL Mİ?

Doğa yasalarının değiştirilemez ve mutlak oluşları fikri bilimin felsefe ve dindeki kökenlerine kadar gider. Oldukça yakın zamanlara kadar çoğu fizikçi, evrenin, öncesinde var olan ve dışında kalan bir Tanrı tarafından yapıldığına inanmaktaydı. Keşfetmeyi hedefledikleri doğa yasaları, Tanrı'nın evreni yaratmakta kullandığı dokuydu, yani bunlar, onları gerçekleştiren tanrısalla aynı ezeli-ebedi mutlak özelliğe sahip olmalıydılar.

Ancak, bilimin dinsel köklerinden koparıldığı şimdilerde bile doğa yasalarının mutlak ve değişmez bir özelliği olduğu fikri, temel dünya resminin merkezinde yer almıştır. Bu nedenle bir kim-
senin, doğa yasalarının ebedi ve aşkın bir mantığın yansımaları olduğu kadar koşullu ve tarihsel oluşlara bağlı olduklarını önermesi, bize tuhaf gelebilir. İşte bu, burada ileri süreceğim fikrin ta kendisidir. Eğer fizik yasalarının ya da en azından, parçacıkların kütlelerini ve kuvvetlerin yeğinliklerini ölçen parametrelerin sabit ve değiştirilemez olduğu fikrinden caymaya razıysak Birinci Kısımda betimlediğim muammaları anlamak için yeni olanakların açılacağını göreceğiz.

Birinci Kısımdan taşımak istediğim ana ders, temel parçacık ve etkileşmelerin anlaşılmasındaki muazzam gelişmeye karşın doğanın, niçin temel parçacıkların kütle ve diğer özelliklerini başka türlü değil de onları bulduğumuz gibi seçmek zorunda olduğunu açıklayacak işe yarar bir kuramdan yoksun oluşumuz. Dahası, bu parametrelerin olan değerlerinin de çok düşük olasılıklı olduğunu biliyoruz, hem de birçok bakımdan. Bir kere, kimi parametrelerin niçin 10^{-60} ve 10^{-19} gibi inanılamayacak kadar küçük sayılar olduğunu anlamak bir sorun. İkincisi, görünüşte evrenin, parametrelerin daha tipik değerler alması halinde olacağından çok daha fazla yapı içermesi gerçeği. Bu gerçekler, kökten indirgemeci düşü için

sıkıntı doğurmakta. Daha da büyük sıkıntı, sicim kuramı ve birleşik kuram için, diğer girişimlerden çıkan tüm güzel sonuçlara karşın, doğa yasalarının matematiksel tutarlılığı olacağına ya da kuantum kuramı ve görelilikle uyumlu olacağına ilişkin elimizde savımızı destekleyecek henüz hiç delil olmamasının, temel parçacıkların kütlelerine ya da değişik kuvvetlerin yeğinliklerini ciddi ölçüde sınırlamasındadır.

Bu sorunları düşünmek beni sinirlendiriyor, bu epeydir böyle. Ama bunun sürpriz olması için bir neden yok. Son bölümlerde üzerinde durduğum gibi atomculuk ve birleştirme programlarının yerleşik çelişkileri ve sınırlamaları, önünde sonunda bir açmaza götürmek zorundalar. Öyleyse temel parçacıklar hakkında yeni sorular sormaya çalışmanın zamanı gelmiş olabilir. Eğer standart indirgemeci gündem, temel parçacık fiziğindeki parametrelerin yıldızların varlığına izin veren dar aralığa düşmelerini anlamayı zor kılıyorsa, belki de nedeni parametrelerin nasıl seçildiğine ilişkin olup bu gerçeği kullanan bir bilimsel açıklama vardır.

Ama bu mümkün mü? Temel parçacıkların özelliklerinin nasıl seçileceğine ilişkin nasıl bir açıklamamız olabilir ki hem bilimsel hem de aynı zamanda indirgemeci olsun? Evrenin niye bu denli olasılıksız bir yapısı olabildiğini, teleolojiye ya da insancı ilke gibi bitirici nedenlere başvurmada nasıl açıklayabiliriz?

Bilimsel hipotezleri din ya da metafizikten ayırt eden temel şey, hipotezlerin en azından ilke bakımından gözlemlerle çürütülebilmesidir. Bilimsel hipotezlerin "yanlışlanabilir" olma ilkesi, "gerçek bilim" demek istediği işlerle, onaylamadığı "Marksizm" gibi diğer eylemleri ayırt etmek için Viyanalı filozof Karl Popper tarafından benimsenmişti. Bu ilkeyi kullanmam Popper'in görüşlerini genelde benimsediğim şeklinde alınmamalı. Ama temel parçacık kuramındaki açmazdan çıkmak için yeni tür fikirler araştırırken bu ilkenin bir kılavuz olarak benimsenmesinin yararlı olacağını düşünüyorum.

Eğer kendimizi yanlışlanabilir önerilere kısıtlarsak bu bize ne türlü açıklamalar sağlayabilir? Bilim tarihinde genelde başarılı olan iki türlü açıklama oldu: genel ilkelere dayananlar ve tarihsel olanlar. İlkinin sonrakinden daha temel olduğuna şimdiye kadar inandık. Eğer, tüm elektronların aynı kütlede olması gibi evrensel olarak geçerli görünen bir gerçeklik keşfedersek hemen sebebinin

tarihe değil ilkelere dayanmak gerektiğine inanmak isteriz. Bir olgunun olasılıklara bağlı olmasını, yalnızca bir andan diğerine değişme gösterirse bekleriz. Bunu doğrulamamız gerektiğinde evrensel bir doğrunun, durumdan duruma değişen olasılıkla ilgili koşullara dayanmaması gerektiğini söyleriz. Bu akla yakın geliyor ama yalnız, gözlenebilen evrenin bütünü ölçeğinde uygulanmadığı kadar işe yarayan tür bir sava örnek olabilir. Gözlenebilir evrenin özellikleriyle ilgilenirken bir şeyin her gözlenebilir şey için doğruysa, artık bunun aynı zamanda olasılıklarla ilgili olmayacağına ısrar etmemiz için hiçbir sebebimiz yoktur. Bir sebebi çevremizde gördüğümüz evrenin var olan, var olmuş ve ilke bakımından var olabilecek olan her şeyin iyi birer örneğini temsil ettiğini ileri sürmek için bir dayanağımız yok. Aslında temel parçacıklar hakkında, gözlenebilir evrenimiz boyunca geçerli görülen kimi gerçeklerin aynı zamanda umulmadık olabileceğini dışlamak için hiçbir mantıksal sebebimiz yok.

Temel parçacıkların özellikleri için ilk ilkeler cinsinden bir açıklama bulmakta şimdiye kadar başarısız olduk. Belki de artık nedenlerin geçmişimizdeki olaylarla ilgili olduğu anlamına gelen diğer olanağı ele almanın zamanı gelmiş olup, kitabın ikinci kısmındaki bölümlerin ana görevi bu olacaktır.

Standart modelde görülen parametrelere tarihsel bir açıklama arayışı için, iki öneri üzerinde düşünmeliyiz. İlki, doğa yasalarının tamı tamına aynı, ancak, parametrelerin değişik değerler almasının mantıksal olarak mümkün oluşu. Bu demektir ki bunların değerlerini saptamak için bir ilke ya da tutarlılık koşulu olamaz. İkincisi, eğer şimdiki değerler için tarihsel bir açıklama aramak zorundaysak, bunların geçmişte bir zamanda gerçekten farklı olmuş olabileceklerinin mümkün olduğunu düşünmeliyiz. Bu ise parametrelerin değerlerini belirlemiş olan ve nedenselliğin alışılmış ilkelerini tatmin eden süreçlerin bulunduğunu düşlemeyi mümkün kılar.

Şüphesiz bunu varsaymak bilimdeki en eski, yani olayların bugünkü durumunu geçmişte yer almış bazı olayların neden olmasına yorma geleneğine başvurmaktır. Ancak, bu olabilirliği düşündüğümüzde yeni bir soruyla karşılaşırız: Parametrelerin farklı olduğu uzay ya da zaman bölgesini nerede arayacağız?

Kesinlikle farklı olmadıkları bir yer, evrenin Dünya'dan görülen herhangi bir bölgesinin içinde. Doğa yasalarının görebildiğimiz her yerde Dünya'dakilerle aynı olduğuna ilişkin çok iyi delillerimiz var. Bu gözlemin ana desteği uzak gökadalardan gelen ışığın tayfında (yani renklerin frekans dağılımları) yatıyor. Olabildiğince uzağa ve olabildiğince geriye baktığımızda [bile] atomların tayflarını tamı tamına şimdiki gibi görüyoruz.

Henüz evreni bütünüyle göremediğimiz doğru. Evrenin ilk saydam oluşu "Büyük Patlama"dan kısa bir süre sonra, sekiz ila yirmi milyar yıl önceydi.¹ Işık hızı sabit olduğundan ışığın bu süre içinde gittiği yoldan daha uzağı henüz görülemez. Ama evren bundan daha büyük; öyleyse daha ötedeki, göremediğimiz yerler de yeterince uzun süre beklenirse görüş alanına girecektir. O zaman da fizik yasalarındaki parametrelerin gelecekte görebileceğimiz uzak bir bölgede farklı olabilmesi hep mümkün. Ama bu pek olası görünmüyor. Bu, gelecekte bir zaman fizik yasalarının eskiden değişik olduğu başka başka bölgeleri görebileceğiz demektir. Belki de en iyisi, doğa yasalarının gelecekte de Dünya'dan görülen her bölgede şimdiki gibi aynı olduğunu varsaymamız.

Bu, aslında fizik yasalarının her yerde aynı olması mı demektir? Bunun sorunu halledeceği düşünülebilirse de genel görelilik kuramının harika bir sonucu sayesinde böyle olmuyor. Buna göre, evrenin görüp görebileceğimiz kısmı bütününe içermez. İlke bakımından gerçekliğin oldum olası görebileceğimiz kısmının sınırları olduğu gibi, bu sınırların ötesinde uzay ve zaman bölgelerinin bulunması gerekir.

Görünen evrenin iki türlü sınırı var: geçmişte olan ve gelecekte olacak. Geçmişle başlayalım. Artık "Büyük Patlama" kozmolojisi o denli yaygın tanınıyor ki çoğu okurun, bunun ana hatlarını bildiğini varsayabilirim. 1920'lerden beri gökadalarn ortalamada birbirlerinden uzaklaştıkları gözlenmekte. Eğer evrendeki her şey ortalamada birbirinden uzaklaşıyorsa bir zamanlar birbirlerine çok daha yakın olmalıydılar. Dahası, genişleyen sistemlerin evrensel bir özeliği bunların soğumasıdır, dolayısıyla geçmişin de-

¹ Son mikrodalga kozmik ardaalan ısıması ölçümlerinden, Büyük Patlamanın 13,7 milyar yıl önce; saydamlığın ise bundan yaklaşık dört yüz bin yıl kadar sonra olduğu hesaplanmıştır -çn.

rinliğine baktığımızda ortalamada evreni daha sıcak bulmalıyız.

Bunun basit bir sonucu var, evrenin ışığa opak olduğu bir dönem olmalı. Çünkü atomlardan oluşan bildik madde, ancak sıcaklık yeterince düşükse kararlıdır. Bir gazın sıcaklığını belli bir noktanın üstüne çıkarırsak plazmaya döner. Bu durumda elektronlar çekirdeklerinden kurtulup serbest dolaşıma girerler. Plazmaların opaklığı, serbest elektronların ışığı bildik maddeye göre daha kuvvetle soğurmasından ileri gelir.

Başlangıca yakinken evren böylesi plazma fazında olacak kadar sıcaktı. Genişleyip soğudukça, suyun donup buz olmasından farklı olmayan bir geçiş oldu. Bunda çekirdekler elektronları kapırlar ve plazma sıradan bir gaza dönüşür. Buna “çözüşme” denir. Bu, “Büyük Patlama”dan bir milyon yıl kadar sonra, evren şimdiki boyutunun binde biriyken oldu.

Çözüşme sırasında evren ışığa saydamlaştı. Bu az önce plazmanın içinde atomdan atoma sıçrayıp duran çok sayıda fotonu² özgürleştirdi. Bunların çoğu o zamandan beri başı boş dolaşıyor. Çözüşme anında çıkan fotonlara kozmik ardaalan ışıınımı denir. Onları bugün gözlediğimizde evrenimizin ilk saydam olduğu o andaki, yani başlangıcından bir milyon yıl kadar sonraki resmini çekmiş oluyoruz. Bu ışıının imlerini çözümlemek için çok büyük çaba gösterilmekte çünkü bu, öylesine erken zamanlardaki yapısına ilişkin edinebileceğimiz en iyi ipucunu verir. Bundan hemen önce evren opak olduğundan bu bizim görebileceğimiz en eski ışıktır.

Bu evrenin saydam oluşundan önce neler olduğuna ilişkin ebediyen bilgisiz mi kalacağız demek? Yanıt hayır, çünkü evren ışığa saydam olmadan önce, epeyce bir süreden beri nötrinolar gibi başka ışıınım türlerine saydam olmuştu. Öyleyse, belki bizim ömrümüz içinde olmasa da ileride bir gün büyük nötrino teleskopları evrenin saydam oluşundan önceki zamanlardan bir işaret saptayacak. Ama daha geriye gittiğimizde evren daha sıcak ve yoğun olacak ve büyük olasılıkla evrenin nötrinoları da opak olduğu bir zamana varılacak.

² · Bildiğimiz fizik yasalarına göre fotonlar (ışık parçacıkları) elektron vb yüklü parçacıklarla etkileşirlerken bunlar tarafından soğurulup salındıklarından, bunların çok yoğun olduğu bir ortamda serbest kalamazlar –çn.

İlke bakımından her miktar madde içinden geçebilecek tek bir ışınım türü var. Bunlar kütleçekim alanında olacak dalgalardır. Bu dalgaların varlığına inanmak için iyi bir neden olduğu kadar, bunların yakında doğrudan varlanacağını umabiliriz. Maddenin kütleçekim dalgalarına opak olamayacağının sebebi onların taşıyacağı çok büyük enerjiyi soğurabilmek için her türlü madde- nin iyice yoğun olması gerekmesidir. Ancak, bu raddeye gelmeden önce madde öylesine yoğun olur ki bir kara deliğe çöker.

Bu harika özeliğin sonucu olarak kütleçekim ışıması, ilke ba- kımından evrenimizin başlangıcına dek görülebileceğinden emin olunacak bir yol sağlayacaktır. Ancak, evrenin erken tarihinden gelecek ışınimleri görmemize yetecek kadar iyi kütleçekim anteni- miz olana dek epeyce zaman geçecek. Dolayısıyla nötrino ve küt- leçekim ışınları için uygun teleskoplarımızın yokluğunda evrenin saydam olduğu zamandan öncesine ilişkin söyleyeceklerimiz için yalnızca kuşama dayanmak zorundayız.

Bu, şansımıza, kuramda apaçık olan bir soru. Yalnızca kimi ba- sit ve geniş varsayımlar yaparsak, evren saydam olmadan önce neler olmak zorunda olduğuna ilişkin kesin sonuçlar çıkarabili- riz. Bunu genel görelilikte 1960'larda Roger Penrose ile Stephen Hawking'in kanıtladığı belli teoremler sayesinde yapabiliyoruz. Bunlara tekillik teoremleri adı verilir.

Tekillik, uzayzamanda kütle ya da enerji yoğunluğu, sıcaklık, kütleçekim alan yeğniliği gibi bir fiziksel niceliğin sonsuz oldu- ğu bir noktadır. Bunun olması fizik için ciddi zorluklar doğurur, çünkü evrenin matematiksel betimlenmesinde bir çöküşü göste- rirler. Fizik denklemlerinin betimlediği bir nicelik sonsuz olursa o denklemler yararlı ya da anlamlı olmaktan çıkar. Basit bir örnek vereyim. Diyelim ki bir sayı serisini toplamanızı istedim. Sıradan başladınız, bir artı iki üç, buna on yedi ekle yirmi, buna -birden listenize sonsuz rakamını koyduğumda- elinizdekine sonsuz ek- liyorsunuz... Sonra ne? Sonra ne yapacağınızı bilemiyorsunuz. Bir kere sonsuz buldunuz mu durmanız gerekir. Bir sonraki girdi 42 gibi evcil bir sayı olsa bile ne yapacağınızı bilemezsiniz.

Bir niceliğin zamanla nasıl değiştiğini fiziğin denklemlerini kullanarak öngörmek isteyen bir kuram fizikçisine olan da budur. Bir fiziksel niceliğin değeri sonsuza vardığında denklemler işe ya-

ramaz olur; bunları artık ne olacağını bulmak için kullanmanın hiçbir yolu olamaz.

Genel görelilik bu gibi tekil anların (böyle denebilirse) sık sık olduğunu öngörüyor. Gerçekten de Einstein genel göreliliği betimleyen denklemlerini yazar yazmaz insanlar bunların çözümlerini keşfetmeye başladılar. Einstein'ın kuramı uzay ve zamanın geometrisini betimlediğinden böylesi her bir çözüm bütün bir evren içindeki uzay ve zaman ilişkilerinin bir matematiksel betimidir. Aslında Einstein'ın kendisi denklemlerinin gerçekten çözülerek öyle bir evrenin tam bir betiminin yazılabileceğinin mümkün olacağını hayal etmemişti. Kendi makalelerinde, bunları doğrudan çözmek yerine çeşitli hile ve yaklaşıklıklara başvurmuştu. Ama Einstein en iyi matematikçilerden biri değildi. Ama diğerleri, denklemlerin zorluğundan da Avrupa'yı kavuran savaştan da (yıl 1916) yılmadan çözümler bulabildiler. Günümüze dek bulunabilen çözümlerin en önemlilerinden bazıları –yıldızların ve kara deliklerin kütleçekim alanlarını betimleyenler– Karl Schwartzchild adında bir Alman subayı tarafından, siperlerde kaptığı bir deri hastalığı yüzünden sahra hastanesinde ölüm döşeginde yatarken elde edildi. Kısa süre sonra De Sitter adlı Hollandalı astronom ve Friedman adlı Rus matematikçi genişleyen bir evrene ilişkin çözümler elde ettiler. En önemlisi ise tüm bu çözümlerin, öncesi ya da sonrasında ne olduğunu söylemenin olanaksız olduğu madde yoğunluğu tekillikleri içermekte olmaları.

Uzun süre bu tekilliklerin varlığı pek ciddiye alınmadı. Evrenimizde böylesi bölgelerin bulunduğuna inanmanın zorluğu bir yana, bu isteksizliğin asıl sebebi tekillikleri içeren çözümlerin belli bakımlardan çok özel oluşlarıydı. Denklemleri, çözümlerin elle bulunabileceği kadar basitleştirilebilmesi için yıldızların mükemmel birer küre ya da evrenin tam anlamıyla türdeş olmasını varsaymak gerekiyordu. Bu gibi basitleştirmeler denklemleri çözmeyi çok kolaylaştırırsa da çıkan tekilliklerin ne ölçüde mükemmel simetri varsayımlarının rassal yan etkileri değil de kuramın genel birer sonucu olduğu pek açık değildi. Birçok fizikçi böylesine simetrisi bulunmayan genel çözümlerde tekillik olmayacağına inanıyorlardı. Evrenin aslında simetrik olmaması, tekilliklerin gerçek evrende pek bir anlamı olmaması demekti. Ne yazık ki

uzun süre, ideallikleri ve simetrileri daha az olan daha gerçekçi çözümlerin özelliklerine ilişkin hiçbir şey bilinemedi. Bunun sonucu olarak birkaç kuşak fizikçi tekilliklerin sonuçlarından kaçınma olanağı buldu.

Bu yetinme, 1965'te o sırada Londra'da çalışan Roger Penrose, tekilliklerin genel görelilik denklemlerinin genel sonuçları olduğunu ve gerçek evreni betimleyebilecek çözümlerin çoğunda bulunabileceğini kanıtlayınca kesildi. Bu arada, Penrose'un bunu keşfi pek hoş bir hikâyedir. Bir dostuyla konuşarak yürürken, caddede karşıya geçtikleri sırada aklına bir fikir gelmiş ama karşı kaldırıma geçip konuşmayı sürdürürken hemen unutturmuş. Daha sonra, akşam üzeri kendisini daha mutlu ve hafiflemiş hissediyormuş ama sebebini çıkaramamış. Derken kendini bilinçli olarak günün olaylarını düşünmeye zorlayınca caddeyi aşarken düşündüklerini hatırlayabilmiş: belli birtakım akla yakın koşulları sağlayan her denklemde tekilliklerin olacağını ve bunu kanıtlayabileceği bir yol olduğu aklına gelmişti.

Bundan çok kısa bir süre sonra Cambridge'te Stephen Hawking adında genç bir araştırma öğrencisi Penrose'un teoremini duymuş ve bu yönteminin, evren saydam olmadan önce neler olduğuna ilişkin bir kanıt edinmek için uygulanabileceğini gösterebilmişti. Bulduğuna göre çok genel koşullar altında zamanda, ondan hemen önce madde ve enerji yoğunluğunun sonsuz olduğu bir ilk an olmalı.

Yani on ila on beş milyar yıl önce gerçekten de daha öncesinde hiçbir şeyin var olmadığı bir ilk an mı vardı? Buna inanmak isteyecek kimseler kesinlikle vardır, örneğin belli teologlar. Ama Hawking'in sonucunun yalnızca bir matematik teoremi olduğunu unutmayalım. Böyle olarak da, ancak varsayımları geçerliyse doğru olacaktır. Eğer teoremin bir ya da fazla varsayımı yalnızca evrenle bir ilişkisi olamaz. Hawking'in teoremi aslında başlıca iki öne çıkan varsayıma dayanmakta. Birincisine göre her yerde maddenin enerji yoğunluğu pozitif olmalı; ikincisine göre ise Einstein'ın ortaya koyduğu genel görelilik kuramı her yerde, bütün uzay ve zaman için geçerli olmalı. Bunlar kesinlikle çok akla yakın varsayımlar, ama bir sorun var. İkincisi hiç de doğru değil, çünkü maddenin görünürde gerçek özelliklerini –görelilik kura-

mı yerine- betimleyen kuantum mekaniğinden hiç söz etmiyor.

Şüphesiz kuantum mekaniğinin genel göreliliğin öngörleriyle uyduğu birçok durum var. Böyle olmasaydı, kuantum kuramıyla birleştirilmenin yokluğunda Einstein'ın kuramı bu denli başarılı olmazdı. Soru şu, geriye giderek her şeyin sonsuz yoğun olduğu **ana** vardığımızda genel göreliliğin doğru betimi vereceğine güvenebilecek miyiz? Yanıt hayır; çünkü saatin kollarını geriye çevirdiğimizde öyle bir zamana varırız ki evren, kuantum etkilerinin yadsınamayacağı kadar yoğunlaşmış olur. Bu durumda da genel görelilik neler olduğunu kendi başına, yaklaşıklıkla bile betimleyemez. Bize evrende gerçekten tekillikler olup olmayacağını yalnızca kuantum kütleçekim kuramı –genel görelilikle kuantum mekaniğinin bileşimi- söyleyebilir.

Kitabın son kısmı kuantum kütleçekimine özgülenecek, ancak ayrıntılarına girmeden varılabilecek sonuçları üç sınıfa ayırabiliriz:

- A. Kuantum mekaniğini hesaba kattığımızda bile zamanda bir ilk an olacak.
- B. Tekillik bir tür kuantum etkisiyle giderilecek. Bunun sonucu olarak saati geri çalıştırdığımızda evren bir sonsuz yoğunluk durumuna erişmeyecek. Öyle bir şey olacak ki bu, evren çok yüksek bir yoğunluğa eriştiğinde zamanın geçmişi doğru gidişini sürdürmesine yol açacak.
- C. Zamana yeni ve tuhaf bir kuantum durumu eklenecek, ama ne A ne de B. Örneğin belki de öyle bir duruma geleceğiz ki gerçekliğin birbirilerini dizi halinde izleyen bir anlar sürekliliği olarak düşünülmesi elverişli olmayacak. Bu durumda belki tekillik olmayacak, ama evrenin aşırı yoğun oluşundan önce ne olduğunu sormak da anlamsızlaşabilir.

James Hartle, Stephen Hawking ve diğerlerinin önerisi –yani zamanın, evren çok yoğunlaştığında bir şekilde “sanallaşması”– bu son sınıfa giriyor. Kuantum kuramında zaman problemine ilişkin aynı sınıfa giren başka yaklaşımlar da bulunuyor. Bunların kimilerini son bölümde ele alacağım. Ancak, bu fikirlerin hiçbirisi belirgin öngörülere götürecek kadar geliştirilemediği gibi, henüz

bir tekillığe yaklaşıldığında alışılmış zaman ve nedensellik fikirlerinin tutmayacağını hiç kimse gösteremedi. Kuram bizi buna zorlayana ya da hiç olmazsa zamanın varoluşunun kesilmesinin ne demek olduğunu birisi çıkıp açıklayana dek kozmoloji problemleriyle uğraşırken bu olabilirliği bir yana bırakmak belki de en iyisi.

Bu A ve B olabilirliklerini bırakıyor. Eğer A doğruysa bu bize tekillikle evrenin saydamlaşması arasında, parçacık fiziğinin parametrelerinin olan değerleri almaları için bir milyon yıl falan bırakıyor. Bu çok uzun gelebilir ama belli bir kozmoloji bilmece-sinden dolayı öyle değil. Buna şimdi değiniyoruz.

Bir an için kozmik ardaan ışıınıını gördüğünüzü varsayın. Göge bakıp bir ışık parıltısı görüyorsunuz, on milyar yıl kadar yol alıp bağlaşımdan kurtularak gözünüze varan bir foton. Şimdi başınızı birkaç derece sağa döndürüp o karacisim ışıınıından bir fotonun daha gözünüze gelmesini bekleyin. Bize farklı yönlerden gelen ve bu denli uzun süre giden bu iki foton, yaratıldıklarında, evrenin birbirlerinden çok uzakta olan iki bölgesinden gelmekte-ler. Evren, bunlar yoldayken epeyce (yaklaşık bin kat) genleştiiyse de yola çıktıklarında birbirlerinden çok uzaktaydılar.

İşin olağanüstü yanı şı ki, evrenin çok ayrıık iki bölgesinden çıkmış da olsalar evrenin opak olduğı zamanlardan gelen fotonların tümü aynı öyküyü anlatıyorlar: Yüz binde bir kadar bile şaşmayan bir kesinlikle o sıralarda evrenin sıcaklığı evrenin her yerinde aynıydı.

Bu, modern kozmolojinin büyük gizemlerinden biridir. Nasıl oluyor da evrenin o sıralarda birbirlerinden bu denli ayrıık olan bölgeleri hemen hemen kesin olarak aynı sıcaklıkta oluyordu. Bu gibi soruları yanıtlamak genellikle zor değildir. Bir bardak sıcak suyun, önünde sonunda bırakıldığı odanın sıcaklığına geleceğini biliriz. Her şeyin dengeye varma eğilimi olmasının sonucu olarak yeterince değme halinde kalan nesneler aynı sıcaklığa varma eğilimi gösterirler. Öyleyse olabilecek en basit şey bağlaşıımın kesilme anından önce evrenin tüm farklı bölgelerinin birbirlerine değmekte olmasıdır.

Eğer genel göreliliğin söylediğı kozmoloji öyküsüne inanırsak ne yazık ki bu durum gerçekleşemez. Evrenin, bağlaşıımın kesildi-

ği sırada bir milyon yaşında falan olduğu düşünülürse ve hiçbir şey de ışıktan hızlı gidemeyeceğine göre ancak araları bir milyon ışık yılından az olan bölgeler doğrudan temas etmiş olabilirdi. Sorun şu, kurama göre o sıralarda evrenin çapı bir milyon ışık yılından büyüktü. Bu demektir ki gökte araları birkaç dereceden farklı yönlerden gelen kozmik arda- lardan ışınlarını gözlediğimizde, çıktıkları ana kadar hiçbir temasları olmamış olan bölgelerden gelen ışıkları görüyoruz.

Bunun ne denli tuhaf olduğunu vurgulamak için kozmik arda- lan ışımasının bir radyo yayını gibi modüle edilmiş³ olduğunu düşünelim. Ayrıca da evrenin her köşesinden gelen kozmik arda- lardan ışınımının taşıdığı müziğin “rock and roll” olduğunu, ama yalnızca “rock and roll” değil, *Kozmik* “İlk On” olduğunu –Beatles, Madonna, Bruce Springsteen, Gianna Nannini vb– düşünün. Bunu nasıl açıklayabilirdik? Eğer farklı bölgeler birbirlerini dinleme olanağı bulsalar- dı bir sorun olmazdı, çünkü iyi müziğin çekiciliği (belki de okur, kültürel nüfuzun ekonomik sonucu diyebilir) neredeyse ter- modinamiğin ikinci yasası kadar mutlak- tır. Gerçekten de gezegenin her lokantasında her barında aynı müziği duymaya şaşır- mıyoruz. Ama ya değişik bölgeler birbirleriyle hiç temasta olamamış- larsa? Bu, sanki Hernan Cortes’in, Montezuma’nın sarayına vardığında çevresinde yalnız Sevilla tavernalarında öğrendiği şarkıları duy- masına benzerdi. O zaman binlerce andaş “rock and roll”un, bin- lerce andaş Memphisler ve Detroitlerde, birbirlerinden tamamen habersiz doğuşu mucizesine de inanmamız gerekirdi.

Bu zırva görünebilir ama gerçekte görülenlerden –standart kurama inanırsak, birbiriyle hiçbir zaman temas etme olanağı bulamamış ama sıcaklıkları inanılmaz bir duyarlılıkla aynı olan birçok bölge– daha da zırva değil.

Okurun bunlarla kafası karışabilir. Şimdi, “Büyük Patlama” fik- ri bütün evrenin bir noktadan genişlemesi değil miydi? Bu yaygın olan kavrayış, ama genel göreliliğin bize asıl söylediği böyle değil. Herhangi bir parçacığın tarihini geçmişe doğru izlersek, madde

³ Örneğin FM frekansı. Frekans modülasyonu, yani sizin radyonuzda ayar yaptığınız istasyonun “taşıyıcı” dalgasının frekansı. Bunun frekansı, üzeri- ne yüklenen ve yayınlanan programın seslerinin özelliklerini aktarması için bunların etkisiyle “modüle edilir-dalgalandırılır” –çn.

yoğunluğunun sonsuza vardığı bir başlangıç tekilliği bulacağımız doğru. Ancak, doğru olmayan ise evrendeki tüm parçacıkların kendi ilk tekil noktalarında buluşmaları. Böyle olmuyor. Yerine, hepsinin varoluşa geçişlerinin aynı anda ama ayrı yerlerde olduğu görülüyor. Zamanın ilk anının hemen ardında zaten evrenin sonlu bir uzamsal kaplamı vardı. Evren bir milyon yıl sonra, uçtan uca büyüklüğü bir milyon ışık yılını aşarak tartıştığımız probleme yol açıyor.

Şüphesiz evrenin değişik bölgelerinin ayrı ayrı ama tam aynı koşullarda yaratılmış olabilmesi mümkün. Bu, görünürdeki sorunun çözümü olabilir ama ortada değişik bir gizem bırakıyor: Niçin her bölge tıpatıp aynı koşullarda yaratılıyor? Yani problem çözülüyor, yalnız bizi, evreni yaratan her neyse, bunu çok büyük sayıda ayrı bölgede tekrarlamış olduğunu hayal etmeye zorluyor.

Gerçekten de evrenin sonlu bir süre önce doğduğuna inandığımız kadar, yaratılma anında koşulların neler olduğunu açıklama sorununuz var. Sıcaklık her yerde aynı olsa da, sıcak noktaların dizilişi "Cennet Malı" yazsa da yaratılma anında koşulların neler olduğunu açıklamak zorundayız.

Bu ikilemden bir kaçış yolu, genel göreliliğin evrenin erken tarihi hakkında yanılması. Bunun, genel görelilik kuantum etkileri içermediği için, oldukça mümkün görülebileceğine değinmiştik. Kuantum etkilerinin evrene yeteri kadar zaman kazandırabileceği en az iki yol var. Birincisine *kozmojik şişme* hipotezi deniliyor. Fikir şöyle: evren genişlerken soğur ve önceki bölümde kendiliğinden simetri kırılmasını anlatırken betimlemiş olduğum türden değişik fazlar arasında geçiş yapar. Bu geçiş evrenin geçmişinde çok erken bir zamanda, yaratılışından saniyenin küçücük bir kesri kadar sonra olmuş olabilir. Hipoteze göre, geçişten önce evren, şimdikinden çok daha hızlı genişlediği bir evredeydi. Buna şişme dönemi denir. Bununla kıyaslandığında şimdiki genişleme çok daha yavaş olmakta. Şişme sırasında evren her 10^{-35} saniyede iki kat büyümüş olabilir. Bundan dolayı evrenin şimdi aralarında milyarlarca ışık yılı olan bölgeleri başlangıçta birbirlerine çok çok yakındılar. Bunun sonucu olarak evrenin görebildiğimiz her bölgesinin, zamanın başladığı ilk andan beri birbirleriyle temasta olmaları mümkün denilebilir.

Kozmolojik şişme⁴ hipotezinin temel bir sorunu olduğu görünüyor. Bu da, parçacık fiziğindeki parametrelerin birkaç kez **özenle** ayarlanma gereği. Bu, şişmenin olmaması için değil, ama duracağından emin olmak için gerekli olup tıpkı, Merkez Bankasının faiz oranlarını, enflasyonun hızlanmasını yalnız gelecek seçimlerden önce değil ama izleyen on milyar yıl için engellemek amacıyla ayarlamaya çalışmasına benziyor. Belki o zaman da faizlerin yüzdelerini milyonda bir oranında değiştirmekten söz ediyor olurlar; bu en azından, şişme kuramındaki parametrelerin, çabuk genişlemenin çok kısa bir süreyi kesinlikle aşmaması için seçilmesi gereken duyarlılıkla aynı düzeydedir.

Şüphesiz bu, evrenin onu bulduğumuz şekliyle var olabilmesi için parametrelerin büyük bir incelikle seçilmesi zorunluluğunun doğurduğu sorunlardan birisidir. Tek bir sorun olmaktan çok uzak olduğuna göre de kozmolojik şişme hipotezine pek karşı tutulamaz. Eğer protonun kütlesini ya da kozmolojik sabiti inanılamayacak kadar büyük duyarlılıkla ayarlayacak bir düzenek varsa bu, kozmolojik şişmenin ne kadar süreceğini belirleyen parametrelere de aynı şeyi yapması mümkün olabilir. Kesin olan şu ki eğer A seçeneği doğruysa, dolayısıyla da kuantum mekaniği geçmişimizdeki tekilliği yok edemiyorsa o zaman ilk saydamlık anında –zamanın ilk anından yalnızca bir milyon yıl sonra– bütün evrenin niçin aynı sıcaklıkta görüldüğünü açıklamak için şişme gerekli görünmekte.

Ama ikinci bir olanak da var: kuantum etkilerinin, tekilliği olduğu gibi söküp atabilmesi. Bu durumda, bir yaratılış zamanı da olmayacaktır. Bunun yerine, zaman geçmişe doğru sonsuzluğa uzanır durur. Şişmeden bağımsız olarak, evrenin tüm bölgelerinin temasta olabilmesi için yeterli süre olacaktır. Bu, kozmolojik şişme yanlış demek değildir, çünkü bunu ele almayı istemek için başka nedenler de var. Ama bu durumda evrende “Büyük Patlama”dan önce neler olduğunu sormamız gerekir. Bu terim artık yaratılma anını belirtmek yerine evrendeki bölgemizin genişlemesine yol açan dramatik bir olayı adlandıracak. Bu durumda “Büyük Patlama”dan önce temel parçacık fiziğinin parametrelerini seçmek için bir süreç olup olamayacağını sormak mümkün olacaktır.

⁴ “Inflation.” Bizim, ekonomide “enflasyon” dediğimiz durum bu kavramdan geliyor, tıpkı balon şişirir gibi –çn.

Birazdan bu soruya bir yanıt önereceğim, ama bunu yapmadan önce evrenin görebildiğimiz bölgesinin ikinci tür sınırına bakmak istiyorum. Şimdiye kadar geçmişteki sınırları tartışmaktaydık, şimdi sıra gelecekte yatan sınırlara bakmamıza geliyor.

Zamana ilişkin en büyük gizemlerden birisi geçmişin niçin gelecekte farklı olduğu. Kozmoloji bu gizemi sadece derinleştiriyor. Kabaca belirttiğim yeni nedenlerle, evrenin, geçmişteki yoğun ve opak bir durumdan geldiğini biliyoruz. Öyleyse gelecekte de böyle bir duruma dönüp dönemeyeceğini sormak çok doğal. Şimdi genişlemekte olan evren önünde sonunda büzülecek mi? Yanıtı şöyle: eğer etrafta karşılıklı çekimlerinin genişlemeyi durduracağı kadar çok madde varsa evren büzülecektir. Ama genişlemeyi durduracak kadar çok madde yoksa hiçbir zaman çökmeyip ebediyen genişlemeyi sürdürecektir.

Şimdilerde deliller evrenin bütünüyle çökmeyeceği doğrultusunda. Ama buradaki amacımız için bu sorunu çözmemiz önemli değil. Çünkü evrenin, geri çöküşten bağımsız olarak, kimi küçük parçalarının kendi kütleçekim kuvvetiyle çöktüğü gerçeğini, yani kara delikleri biliyoruz.

Bir kara deliğin ne olduğunu anlamak zor değil. Bunlar iki olgunun basit ve gerekli sonuçlarıdır. Önce kütleçekim gibi evrensel ve çekici bir kuvvetin varlığı, ikincisi hiçbir şeyin ışıktan daha hızlı gidememesi gerçeği. Kara delikleri anlamak için, kaçış hızı denilen bir basit kavram gerekir. Ayrılmak için kahrolduğunuz bir gezegende çakıldığınızı düşleyin. Kaçabilmek için kendinizi onun kütleçekime karşı yukarı fırlatmak zorundasınız. Eğer ilk hızı yeterince büyükse, yukarı atılan her şey geri gelmediğinden dolayı kendinizi gezegenden kurtulacak kadar yükseltebilirsiniz. Her gezegen için bunu yapabilmeyi sağlayacak, kaçış hızı denilen belli bir en küçük hız vardır.

Kaçış hızı gezegenin hem kütlesine hem de büyüklüğüne bağlıdır. Kütlesi verildiğinde, bir gezegen için cüssesi küçüldükçe yüzeyinden kaçmak için gereken hız büyür. Kara delik, çok basit, cüssesi yeterince küçülerek ondan kaçmak için gereken hızın ışık hızını aştığı herhangi bir şeydir. Bu durumda ne ışık ne de başka herhangi bir şey bundan kaçabilir.

Her kara delik *olay ufku* ya da kısaca *ufuk* denilen ve bunun ötesine hiçbir şeyin kaçamayacağı bir yüzeyle çevrilidir. Her böyle

ufuk görebileceğimiz evrenin bir sınırıdır. Dahası ufuk aşılabılır **ama** bir kere içeri girildiğinde artık hiç dışarı çıkılamaz. Orada **bir kara delik** olduğu kadar sınırından geçip içinde kısıtılıp kalınabilir. Bundan dolayı ufukları geleceğimizdeki sınırlar olarak görebiliriz.

Einstein'ın denklemlerine şanssız Schwartzchild'in 1915'te bulduğu çözüm **kara delikleri** betimliyordu. Ama yukarıda belirtlediğim basit resme karşın, hiç kimse **kara deliğin** aslında ne olduğunu anlamadığı gibi hatta 1950'lerin sonlarına dek bakadurdukları **çözümlerin** neyi temsil ettiklerini bile çıkaramıyorlardı. Bunun bir sebebi de astronomların ve fizikçilerin, evrenin bir tarafında **kara delik** olacak kadar büzülmüş nesneler olabileceği fikrine çok direnmeleriydi.

Evrenimizde gerçekten **kara delikler** olduğunu artık biliyoruz. Besbelli bir nedenle, yani hiç ışık vermedikleri için görmesi çok zor olduğu halde belli koşullar altında diğer yıldızlar üzerindeki etkileriyle görülebilirler. Birkaç **kara deliğin** varlığına ilişkin deliller birikirken daha pek çoğunun da varlığına ilişkin iyi nedenler bulunuyor. Kesin bir tahminde bulunmanın zorluğu yalnız onları görmenin zorluğundan değil, yaşamlarının sonunda **kara deliğe** dönüşecek yıldızların sayısı hakkında yeterli bilgimizin olmamasından. Ölçülü bir tahmin yaklaşık her on bin yıldız başına bir **kara delik** olmasıdır. Bu da her gökadada en az yüz milyon **kara delik** var demektir.

Tüm bu **kara delik** ufuklarının ardında ne yatıyor ki? Bunun öyküsü Büyük Patlamanınkine benzer ama tam ters yönde. Einstein'ın genel görelilik kuramının çöken bir yıldızın doğru betimini verdiğini sayarsak, her **kara deliğin** içinde kesinlikle bir tekillik olmalıdır. İşte, aslında tam Roger Penrose'un, tekilliklere ilişkin teoremlerin ilkinde kanıtladığı buydu.

Burada kozmolojik tekillik durumunda olandan önemli bir fark var: **kara deliğinki** geçmişte değil gelecekte yer alıyor. Genel göreliliğe göre çöken yıldızın her şeyi ve daha sonra **kara deliğe** düşecek her parçacık, zamanın madde yoğunluğu ile kütleçekim alan yeğniliğinin sonsuz olacağı bir en son anına varacaktır.

Ancak genel göreliliğin, bize **kara deliğin** içinde olanlara ilişkin bütün öyküyü verebileceğine pek güvenmiyoruz, kozmolojik du-

rumdaki güvensizliğimizin sebebiyle aynı. Yıldız sonsuz yoğunluğa sıkıştırılırken öyle bir noktadan geçer ki büzüldüğü küçüklükte kuantum mekaniğinden gelen etkiler, en az onu sıkıştıran kütleçekiminki kadar önem kazanır. Gerçek bir tekilliğin olup olmaması da yalnız kuantum kütleçekimin yanıtlayabileceği bir soru.

Kuantum kütleçekimle uğraşan birçok kimse kuantum kuramının tekillikten kurtaracağı inancında. Eğer öyleyse her bir kara deliğin içinde zaman sona ermeyebilecek. Şimdilerde ise yeni ortaya atılan çok ilginç savlar bulunmasına karşın kuantum etkileri hesaba katıldığında kara deliğin içinde neler olacağı hâlâ çözümsüz kalmakta.

Zaman sona ererse de, o zaman açıkça söyleyecek hiçbir şey yok. Peki, ya ermezse? Diyelim ki tekillikten kaçınıldı ve zaman kara deliğin içinde ebediyen akacak. Bu durumda çökerek kara deliği oluşturan yıldız ne olacak? Hep de ufkun ötesinde kalacağından içerde neler olduğunu hiç göremeyeceğiz. Ama zamanın sonu olmadığına göre orada bir şeyler olmalıdır, ama ne?

Bu, kuantum etkileri zamanın ezeli olarak geçmişe uzanmasına izin verdiğinde "Büyük Patlamadan önce ne oluyordu?" sorusuna çok benziyor. Bu soruların ikisine de gerçekten çok çekici bir yanıt var. Çöken bir yıldız bir kara delik oluştururken içinde çok yoğun bir duruma sıkıştırılmış olur. Evren de benzeri çok yoğun bir durumdan genleşmeye başlar. Bunların ikisinin de aynı yoğun durum olmaları mümkün mü?

Bu olabilir, eğer çok yoğun bir duruma erişip kara deliğin ufku çevresinde oluştuktan sonra çöken yıldız patlarsa! İçinde patlama olsa da olmasa da kara deliğin dışı aynı olur. Kara delik ufkunun dışından bakarsak patlamayı göremeyiz, çünkü görebildiğimiz şeylerin bulunduğu bölgenin ötesinde yer alıyor. Ama diyelim ki içeriye girebilip bir şekilde, aşırı yüksek yoğunluğa sıkışmaya karşı durabiliyoruz. Belli bir anda patlama olur ve yıldızdan kalan maddenin çöküşünü tersine çevirme etkisi yaparak genişlemeye götürür. Bunu da atlatabilirsek, evrenin her şeyin birbirinden uzaklaştığı bir bölgesinde bulunuyor gibi görünür. Bu, gerçekten de genişleyen evrenin erken aşamalarına benzer.

Bu genişleyen bölge büyük ölçüde kendi evrenimiz gibi gelişecektir. En önce şişme döneminden geçerek çok büyür. Eğer koşulları gelişmesi elverirse gökadarlar ve yıldızlar oluşup zamanla

bu yeni “evren” kendi dünyamızın bir kopyası haline gelebilir. Çok sonraları da akıllı varlıklar evrilip geçmişe bakarak, daha önce zamanın olmadığı sonsuz yoğunlukta bir tekillikten doğduğuna inanmak isteyebilirler. Ama gerçek o ki onlar, evrenin bizim bölgemizdeki bir yıldızın kara deliğe çöküşünden sonraki bir patlamayla yaratılan uzay ve zamandaki yeni bir bölgede yaşıyor olacaklar.

Gelecekteki bir tekillikten böylesi bir patlamayla kaçınılması **fikri çok eski olup 1930'lara, kara delik fikrinden çok öncelere dek gider. O sıralarda kozmologlar genişledikten sonra tekrar büzülerek zamanının son anına yaklaşan bir evrenin yazgısını merak ediyorlardı. Birkaç kozmolog, tekrar tekrar genişleyip çöken yeterince yoğunlaşınca yine patlayan bir, “Anka evren” dedikleri yerde yaşadığımız spekülasyonunu ortaya atmıştı. Bu kozmik sürece, evrenin tekrarlayan genişleme ve büzülmelerini, sıçrayan bir topa benzer görerek “sıçrama” deniyor.**

Bizim yaptığımız, sıçrama hipotezini evrenin bütünlüğüne değil içindeki her kara deliğe uygulamak. Bu doğruysa ebediyen, aynı tekrarlayan çökme ve patlama döngülerinden geçen bir tek evrende değil ama sürekli büyüyen, her biri bir yıldızın kara deliğe çökmesini izleyen bir patlamadan doğan bir “evrenler” topluluğunda yaşıyoruz.

Görünen evrenimizin geçmişinde sınırlar olmasını ve orada fizik yasalarının ya da hiç olmazsa bunların parametre değerlerinin seçilmesinde bir türlü etkili olan süreçlerin yer almış olabildiğini istediğimizi hatırlayalım. Bu bölümde, ışık ve kütleçekime ilişkin en basit fikirler verildiğinde ve genişleyen bir evrende yaşadığımız gerçeği basit düşünüldüğünde böyle sınırların varlığının neredeyse kaçınılmaz olduğunu öğrendik.

Dahası, kuantum etkilerinin, evrenin başlangıcındaki kadar, kara deliklerin içlerindeki tekillikleri de ortadan kaldırdığı hipotezini kabullenirsek, sınırların ötesinde yatanın görünen evrenimizden çok daha engin olabilmesi olanağının bulunduğunu da öğrenmiş oluyoruz. Böylece bir iki basit ve akla yakın hipotezle fizik yasalarının çevremizde gördüğümüz gibi oluşmasını sağlayacak süreçlerin ortaya çıkması için istediğimiz kadar süreye sahip erişilemez bölgeler edinebiliyoruz. O zaman sorun bunlarla ne yapabileceğimizi anlamakta.

Doğanın evrensel yasalarını aklın kavrayabildiğini varsayarsak, bunların özel biçimlerine henüz neden bulunamamış, açıklanamaz ve akıldışı duruşları pek de savunulabilir bir konum değil. Tekdüzelikler, kesinlikle hesabı verilmek gereken tür gerçeklerdendir. Yasa, mükemmelliğinden dolayı bir neden isteyen bir şey. Şimdi doğa yasalarının ve genelde tekdüzeliğin hesabını vermenin tek mümkün yolu bunların evrimin sonucu olduklarını saymaktır.

*—Charles Sanders Pierce, The Architecture of Theories
[Kuramların mimarisi] 1891*

YEDİ

EVREN EVRİLDİ Mİ?

Eski Yunan ve Mısır astronomları evrenlerinin ne büyüklükte olduğunu biliyorlardı. Ay'a olan uzaklığı ve bundan giderek Güneş'e ve en uzak gezegen Satürn'e olan uzaklıkları kestirebiliyorlardı. Başka türlü olması için nedenleri olmadığından evreni Satürn'ün yörüngesinin hemen dışında bir küreyle kapatıp bunun üzerine de sabit yıldızları yerleştirmişlerdi. Güneş'ten bu yıldızlar küresi-ne onlar için muazzam uzaklığı Dünya çapının 10.000 katı olarak tahmin ediyorlardı. Bu aslında yanlıştı ama önemli olan evrenlerinin sınırlı olmasıdır. Yıldızlı kürenin ötesinde hiçbir şey yoktu. Bu, sonradan gelen Hıristiyanlar için çok elverişliydi, zira Tanrı ile Meleklerine bir yer sağlıyordu.

Newton için evren sonsuz ve belirgin özellikleri olmayan bir uzayda yaşıyordu. Sınırı olmadığı gibi dışında bir şeyler olabileceğini düşünme olanağı yoktu. Bu, Tanrı için sorun değildi, çünkü O her yerdeydi. Newton için uzay, Tanrı'nın "algı merkezi"ydi, evrendeki varlığının ve bağlantısının ortamı. O sıralarda uzayın sonsuzluğu Tanrı'nın sonsuz sığasının zorunlu bir yansımasıydı.

Çocukken evrenin kaplamı sorusu karşısındaki şaşkınlığımı hatırlıyorum. Evrenin sonsuz olması zırva geliyordu, nasıl oluyordu da uzandıkça uzanıyordu? Sonlu olması da zırva geliyordu, çünkü o zaman bir duvar bulunmalıydı; ardında ise ne olduğu merak edilecekti. Böyle bir soruyla karşılaşıldığında belki de tek umut bir gün birisinin, açmazdan çıkaracak bir üçüncü alması hayal etmesi. Einstein'ın dikkatini, kendi yeni genel görelilik kuramının kozmolojiye ilişkin neler söyleyebileceğine çevirdiğinde yaptığı tam da buydu. Kuramının sonlu ama kapalı –yüzeyi sonlu ama sınırı bulunmayan bir küre gibi– bir evren betimleyebildiğini buldu. Genel görelilik bu şekilde, hiç olmazsa uzay için evrenin sonlu mu sonsuz mu olduğuna ilişkin açmazı ortadan kaldırıyor. Eğer Einstein yalnızca bunu bile düşlemiş olsaydı gene de yüzyılımızın [20.] en büyük doğa filozoflarından birisi olacaktı.

Ancak, doğanın açmazı çözme yolunun bu olduğunu bilemediğimizi hemen kabullenmeliyiz. Işığın hızı sonlu olduğundan dolayı, ileri bakmak geçmişe bakmaktır. Dolayısıyla öncesini göremediğimiz bir zaman olduğu kadar uzayda görebildiğimiz uzaklığın da bir sınırı olmakta. Bu nedenle, uzayın sonlu ya da sonsuz olması problemi aynı soruyla zamana ilişkin olarak karşılaşmadan çözülemez.

Ama zamanın sonlu mu sonsuz mu olduğunu sorarsak aynı çelişkiyle karşılaşırız. Zamanın ebediyen sürmesi zırva görünüyor ama bir ilk ya da son an olması da olanaksız görünüyor. Hemen önce ya da hemen sonra ne olduğunun sorulması çok doğal görünüyor. Bu ikilemin, uzay olgusundaki gibi basit bir çözümü yok. Zamanı sonlu ve sınırsız hayal etmek, hele bütün geçmiş döngülü ve gelecek geçmişle bağlantılı iken pek basit değil; uzay olgusunda bulunmayan gizemlere yol açıyor.

Önceki bölümde öğrendiklerimiz bu eski gizemlere yeni bir kulp taktı. Çünkü uzay ve zamanın sonlu oluş sorunları, evrenin bütünü için önünde sonunda her nasıl çözülsün çözülsün, evrenin gerçekten görebildiğimiz kısmı sınırlı, ama uzayda değil zamanda. Şimdi karşılaştığımız sınırlar Aristotelesçilerinkilerden farklı. Gerçek duvarlar yok, her yere gidilebiliyor ama içlerini göremediğimiz yerler var. Bir de kara deliklerin ufuklarıyla sınırlı yerler de var, bunlara ancak bir daha dönememek pahasına gidilebiliyor.

Bu sınırların varlığı gerçeği, sadece zararsız bir felsefi sorun olarak görünen bir şeyi, bilimin temellerini sorgulamaya döndürüyor. Çünkü evrenin tam bir kuramını elde etmeyi umuyorsak bunların ötesinde neler olduğunu sormalıyız. Kara delik ufuklarının ardında ve zamanda çok gerilerde –kozmik kara cisim ışıması oluşmadan önce– gene aynı şeylerden mi bulacağız yoksa evrenin, görebildiğimizden farklı olan bölgeleri de mi var? Eğer farklıysalar bu, kendimizi içinde bulduğumuz bölgeyi anlamak için önemli mi?

Birden fazla gözlemci, eldeki çoğu kozmoloji kuramının, uzay ve zamanın diğer mümkün bölgelerindeki sınırların ötesinde neler olduğuna ilişkin hipotezlere dayanmasından yakınıyor. Önermek üzere olduğum kuram, bu bakımdan şişmeli kozmolojiler ya da insancı ilke gibi fikirlerden hiç farklı değil. Bu yakınma yerinde. İnsan kesinlikle bilimsel bir kozmolojinin, gördüğümüz evreni yalnızca kendisi cinsinden açıklamasını ister. Gelecekte de bir gün kütleçekim dalgası teleskoplarının zamanda yeteri kadar geriyi görebilmemizi sağlayabilmesini düşlemek –zaman mevcut olduğuna göre– pek de teselli sayılmaz. O zaman bile kara deliklerin içini görmemize izin verecek bir şey olmayacak.

Kara deliklerin ufuklarını hiçbir zaman aşmamayı seçmemiz de bir işe yaramaz. İçinden hiç geçmeyeceğim bir kapının ardında gene de bir şeyler bulunur. Öyleyse en azından şu ana kadar zamana ilişkin basit çocukluk *bulmacası* Einstein'ın sihriyle eğilip büküldü ama çözülemedi. Gördüğümüz evrenin sınırları var, hem de pek çok. Doğanın en derin gizlerini kavrayabilmemiz için gerekli ipuçları bunların ötelerinde yatıyor olabilir.

Bu bölüme, bu düşüncelere dalarak başladım çünkü sunmak üzere olduğum fikir hakkında benim için kabullenmesi en zor olan şeyi ortaya baştan koymak istedim. Okurun anlamasını isterim ki evrende erişilemeyen bölgelerin varlığı kendi fikrim olmadığı gibi, özellikle hoşlandığım bir durum da değil. Gene de bunun, genel görelilik kuramıyla birlikte astronomiden bir iki basit gerçeğin gerekli bir sonucu olduğu görünüyor. Bunları bir kez kabullendiğimizde yalnız kuramsal ya da estetik bir sorun değil, bu erişilemez bölgelerden sırf bizim gökadamızda belki yüz milyonunun yüzüyor olması.

Eğer Wim Wenders'in *Wings of Desire*'inde¹ insanlardan ayırt edilemeyen uzaylıların ya da vampirlerin çevremizde başı boş dolaşma kurgularının yarattığı dehşet ile, görünmeyen meleklerin aramızda dolaşmalarındaki çekiciliği hatırlarsanız bir astronomin yıldız haritalarına bakıp oralarda yıldızlar arasındaki kara deliklerin gizemi üzerinde düşüncelere dalarken hissettiklerine ilişkin bir fikriniz olabilir. En iyi teleskop ona ufukların ötesinde neler olduğunu söylemeyecek. Kara deliklerin gerçekliğini bir kez kabullendiğimizde sorulacak tek şey bunların sırf merak uyandırıcı olmaları mı yoksa evrenin yapısını anlamak için bir şekilde önem taşıdıkları mı?

Bu bölümde, kara delikleri yapan kozmolojiye ve bunların merkezlerinde neler olduğuna ilişkin bir öneri yapacağım. Bunun, evreni onu bulduğumuz gibi yapan nedenleri anlamakta hayati önemi olacak. Bu öneriye göre parçacık fiziğine ilişkin parametrelerin nasıl seçileceği, kara deliklerle çok yakından ilgili. Dahası, evrenin göremediğimiz bölgelerinin bulunduğunu varsaymamızı gerektirmesi gerçeğine karşın bu öneri evrenin yaşadığımız kısma ilişkin öngörülere götürecektir. Bu demektir ki öneri, bir gözlem ve kuram bileşimiyle sınanmaya tabi tutulacak ve belki de reddedilecek.

Bu kuram iki önermeye dayanıyor. Üzerinde önceki bölümün sonunda durduğum birincisi kuantum etkilerinin, zamanın başladığı ya da durduğu tekillikleri önlemesidir. Bu doğruysa, zaman artık kara deliklerin merkezlerinde sona ermeyip, uzayzamanın yalnızca ilk anında bizim evrenimize bağlı olduğu yeni bir bölgesinde sürecek. Evrenimizin sanılan ilk anına doğru gidersek, bizim Büyük Patlamamızın da, uzay ve zamanın başka bir bölgesinde bulunan bir diğer kara delikteki bir sıçramanın sonucu olduğunu bulabiliriz. Belki de bu önermenin gerçeğe karşılık gelip gelmemesi, kütleçekimin kuantum kuramının ayrıntılarına bağlıdır. Ne yazık ki bu kuram henüz bu hususta kesin bir karara varmamıza yardımcı olacak kadar tamam değil. Bunun yokluğunda, böylesi bir sürecin ayrıntılarını da bilemiyoruz. Ama önereceğim kuram için pek çok ayrıntıya gereksinimiz yok. Tek varsaymamız gereken, bu patlamanın ya da sıçramanın, madde şimdiye kadar

¹ *Arzunun Kanatları* –çn.

gözlediğimiz herhangi bir şeyden daha büyük muazzam bir yoğunluğa sıkıştığında ortaya çıkan yeni bir etki olduğudur. Bu sorun değil; bu yoğunluğun ölçeğini Planck birimleriyle belirlersek, tam anlamıyla muazzam olur, atom çekirdeğinkinden 10^{79} kat yüksek olduğunu buluruz.

Bunu kabullenirsek, yalnızca erişilemeyen bölgelerin kaçınılmazlığı değil, bu bölgelerde, görebildiğimiz evren kadar büyük ve çeşitli evrenler bulunabilmesi olanağı olacak. Dahası, kendi evrenimizde muazzam sayılarda kara delik olduğundan bu, diğer evrenlerden de muazzam sayılarda bulunmalıdır. Evrenimizde bunlardan en az kara deliklerin sayısı kadar var, ama buna inanabiliyorsak kesinlikle bunda çok daha fazlası olmalı çünkü bu evrenlerden her birinde niçin kara deliklere çökerek yeni evrenleri oluşturacak yıldızlar olmasın?

Bu, akla durgunluk veren bir olabilirlik. Bu fikirle yüzleşmek için, yıllarca üzerinde düşündükten sonra bile kendimi zorladığımı itiraf etmezsem okura dürüstlük etmiş olmam. Başarabildiğim kadarıyla bunun sebebi, eğer zaman kara delik tekilliklerinde bitmiyorsa, belki de erişemediğimiz bölgelerde ebediyen süreceği savının zorlayıcılığının üstesinden gelemediğim içindir. O zaman da çok sayıda böyle bölge olmak zorunda, çünkü görünüyor ki büyük sayıda yıldızın yaşamlarını kara delik olarak bitirmek zorunda olduklarını tahminden kaçınmanın bir yolu yok.

Belki basit bir öneri olarak zamanın hiç bitmemesinin, zaten kendi başına bizi sonlu ömrümüzde hepsini hiç bilemeyeceğimiz sonsuz sayıda olayı kavramaya zorladığını hatırlamamız, bu olabilirliğin üzerinde düşünmeyi azıcık kolaylaştırabilir. Aslında bu resmin bütün yaptığı, tüm bu erişilemez anları yeniden düzenlemektir. Artık doğrusal bir dizilişi olmayıp, zaman bunun yerine bir ağaç gibi dallanır; öyle ki her kara delik, ağacın, yeni bir anlar evrenine götüren bir sürgünü olur.

Bu ve izleyen birkaç bölümde okurları bu önermenin gerçek-deneysel sınamaya açık öngörüler yapan- bir bilim kuramının temeli olabileceğine ikna etmeye çalışacağım. Başarmak için, kendi evrenimize benzer çok büyük sayılarda bölgeden oluşmuş ama yalnız birini doğrudan gözleyebildiğimiz bir evrenle bilimsel olarak baş edebilmemizi sağlayacak bir yöntemimiz olmalı. Bu ola-

naksız görülebilir ama zırva diye bir yana atmadan önce bilimde kalabalık toplulukları incelerken kullandığımız alışılmış araçlar olan olasılık ve istatistik yoluyla usavurmaya uygulayabiliriz. Bilimin pek çok alanından edinilen deneyimler büyük toplulukların öğelerine ilişkin güvenilir sonuçlar edinilebildiğini gösteriyor. Bunu yapmak için bunların özelliklerine ilişkin olası çıkarımlar sağlayacak istatistiksel varsayımlar yapabilmeliyiz.

Kendi evrenimize uygulanabilecek böyle birçoklu evren senaryosundan herhangi bir sonuç çıkarmak için evrenimizin topluluğun tipik bir üyesi olduğunu düşünmeliyiz. Evrendeki bölgemizin belli bir özeliği bulunduğunu öngörebilmek için bunun topluluk-taki hemen her evren için geçerli olduğunu gösterebilmeliyiz. Dahası kuramımızın bilimin bir parçası olduğunu öne sürmek için söz konusu özeliğin kendi evrenimiz için doğru olup olmadığını sınamak da mümkün olmalıdır. Bildiğim kadarıyla bu, gözlediğimiz, evrendeki büyük sayılardaki bölgelerden yalnızca biri olduğu varsayımından başlayarak gözlemle sınanabilir bir kuram kurmanın tek yoludur.

Acaba bunu istemek çok mu fazla? Belki de şayet kuram yalnızca, topluluğun bir yerinde bizimkini andıran bir evren olduğunu öngörse yeterli olabilir. Ancak, bunun gibi kuramların yanlışlanabilmesi pek olası değil çünkü hemen her şeyin açıklanmasını mümkün kılabilirler. Şansımıza, eğer "sıçramalar"da –yani kara deliğin içindeki, çöken yıldızın patlayarak yeni bir evrenin tohumu olduğunda– ne olduğuna ilişkin doğru tür bir varsayım eklersek sınanabilir bir kuram yapmak mümkün olur. Açıklamak istediğimiz fizik yasalarının parametreleri bulunduğundan, önerme olarak bunların her sıçramada değiştiğini kabullenmek durumunda kalacağız.

Denilebilir ki kütleçekimin kuantum kuramı daha geliştiğinde sıçramada ne olduğunu tam olarak öngörebileceğiz. Şimdilik sıçramanın aşırı koşullarındaki fiziğin cahili olduğumuza göre, olabilecek en basit hipotezleri yapıp, bunların gerçek evrenle kıyaslandığında doğru çıkacak öngörülerini olup olmadığına bakmalıyız. Bildiğim en basit hipotez sıçrama sırasında fizik yasalarının değişmemesi olup böylelikle parçacık fiziğinin standart modeli evreni, sıçramadan hem önce hem de sonra betimleyecek. Ancak,

standart model parametrelerinin sıçrama sırasında değiştiğini varsayacağım. Peki, ama bu nasıl olacak? Belirli bir bilginin yokluğunda bu değişimlerin küçük ve gelişigüzel olduğu önermesini öne süreceğim.

Küçük değişimle ne kastettiğimi daha sonra açıklayacağım. Şimdilik, öne sürdüğüm iki önermenin, bildiklerimin en basitleri olduğunu vurguluyorum. Bunların bilimsel bir kurama götürdüğünü bir kere bulduktan sonra önermelerin evrilmesiyle çıkan yeni almasıkları ele almak mümkün olacak. Bu değişik önermelerin değişik öngörülere götürdüğü çapta bunlar da ilke olarak sınanabilir. Dahası, ikinci önermenin, bir temel fizik kuramı bulunması hipoteziyle hiçbir şekilde uyumsuz olmayacağına ısrarlı olmalıyım. Uyumsuzluk sadece, bu kuramın parçacık fiziğinin gözlenen parametrelerini tek bir şekilde belirlemesi fikriyle olur.

Örneğin önünde sonunda fiziğin bir sicim kuramıyla betimlendiğine inanırsak ikinci önermenin almasıklık bir biçimini ele alabiliriz. Bunda, olabilecek tutarlı sicim kuramlarını, değişen parametreler yaftalar. Böylesi almasıklık kuramların üzerinde, daha sonra ekte duracağım. Şimdilik yukarıda sözünü ettiğim olabilir örneklerden en basitinde kalacağız.

Sıçramalarda fizik yasalarının değişebilmesi fikri yani değil. Anka² modelini –bütün bir evrenin çökerek, tek bir yeni evreni doğuracak bir sıçramaya götürmesi– bağlamında bu fikir yıllar önce John Archibald Wheeler tarafından savunulmuştu. O buna evrenin “yeniden işlenmesi” diyordu. Benim eklediğim ise her sıçramadaki değişimin küçük olması.

Bu iki önerme şimdi betimleyeceğim kuramın temeli. Bunların sonuçlarını basamaklar halinde sunacağım: önce sırf sezgisel olarak, sonra da belirgin sonuçların çıkarılacağı biçimsel bir yapıyla. Çünkü bunun üzerine kurulan kuramın niçin muğlak olmayan kesin öngörüler yaptığını okurun anlamasını istiyorum.

Sezgisel sav kolay. Bu iki önermeyi kabullenirsek evrenimizin parametrelerinin, onu doğuran evrenin parametrelerine yakın olduğunu biliyoruz, hem bunun parametreleri de kendisini doğurana yakını. Bu durumda, her yeni evren doğduğunda parametrelerdeki değişme küçük olduğundan parametreleri bizimkilerden

² Öldükten sonra küllerinden yeniden doğan (Zümrüd-ü) Anka kuşuna atıf –çn.

çok farklı olan bir ata-evren bulmak için pek çok kuşak geriye gitmek zorundayız.

İkinci bölümde üzerinde durulanlardan bir kilit gerçeği hatırlayabiliriz: parametrelerin çoğu değerleri için yıldızlar oluşuyor. Bu demektir ki kara delikler, parametrelerin çoğu değeri için, eğer oluşuyorlarsa bile bunun nedeni yıldızların çökmesi değildir. Bundan giderek varacağımız sonuca göre kara deliklerin oluşma hızı parametrelere çok sıkı bağlıdır. Bizimki gibi bir evren 10^{18} kara delik yapar. Kabaca bizimkine benzeyen ama atom çekirdekleri ve yıldızları olmayan bir evren çok daha azını yapar. Ama o bölümde üzerinde durduğumuz gibi atom çekirdeklerini, dolaşısıyla da yıldızların oluşmasını sağlayan parametre değer aralıkları oldukça dar. Bundan şunu çıkarabiliriz ki, parametrelerin evrenin diğer değerler için olabileceklerden çok daha fazla kara delik üretmesini sağlayacak küçük değer aralıkları bulunuyor.

Şimdi de, topluluğa uzanıp gelişigüzel bir evren çekeyim. Bunun, geçmişinde ataları çok olan bir evrenden gelmiş olma olasılığının, yalnızca birkaç kuşaktan gelmiş olmasından çok daha büyük olduğunu görmek kolay. Çünkü kuşaktan kuşağa çok atası olan evrenler bu topluluğa atası az olanlardan çok daha fazla katkı yapmış olacaktır. Ama evrenimizin, bu topluluğun tipik bir üyesi olduğunu varsaydığımız için parametreleri, büyük olasılıkla kara delikleri çok olan bir evrenin parametrelerinin bulunduğu kümeye düşer.

İşte aradığımız ilke: *temel parçacık fiziğinin standart modelindeki parametrelerin değerleri öyledir; çünkü bu değerlerin, diğer seçeneklerden çok daha fazla kara delik üretimi yapma olasılığı çok büyüktür.*

Bu, sezgisel olan savdı. Ancak, yol açtığı soruları yanıtlayabilmenin tek yolu usavurmayı yeniden dikkatle incelemektir. Bunu yapmak için, topluluğumuzdaki tüm evrenlerin başlangıçtaki tek bir evrenin soyundan geldiğini düşleyelim. Bu, aslında gerekli olmasa da parametrelerin seçilme düzeneğini anlamamıza yardımcı olacak. Bir ilk evren olduğunu varsayarsak, parametrelerinin nasıl seçilmiş olduğu sorusu çıkar. Elimizde bu soruyu yanıtlamamıza yardımcı olabilecek bir ilke yok. Bu yüzden cahilliğimize sığınıp en iyisinden varsayalım parametreler gelişigüzel seçiliyor.

Aslında bu o kadar da basit değil. Parametrelerin bazıları bir tür birimlerle ölçülmek gereken fiziksel niceliklerdir. Şansımıza, kullanabileceğimiz tek bir doğal birim seçeneğimiz var, Planck birimleri. Bunlar görelilik ve kuantum kuramlarının temel sabitleriyle oluşturulduklarından, olabilecek herhangi bir evren için yegâne akla yakın birimlerdir. O zaman, başlangıç evreninin, Planck birimleriyle ölçülen parametrelerinin gelişigüzel seçilmiş olduğunu varsayacağız.

Bunun bir sonucu olarak, bu ilk evrenin parametrelerinin yıldızlarla dolu büyük bir evren verecek 10^{-19} ve 10^{-60} gibi ince ayarlı olma olasılığı çok düşüktür. Daha çok, büyük olasılıkla bu evrenin ömrü birkaç Planck süresi -10^{-43} saniye- içinde tükenecek. Ardından bir iki şey olabilir. Ya çabucak şişerek birkaç Planck süresi sonra neredeyse boştur ya da olduğu gibi çöker.

Birinci sondan kaçınmak isteriz çünkü böyle boş bir evrenin soyu sürmez. Soyu sürmeyecek bir evren yarattığımızda da süreç tıkanır. Sırf bu usavurmanın hatırına, başlangıç evreninin ve de ondan yaratılacak soyun alabilecekleri parametre değerlerini öyle kısıtlamalıyız ki her birisinin en az bir yavrusu olsun. Bunu yapmak kolay, yani her evrenin genişlemeyi geri çevirmeye yetecek kadar madde içererek bütünüyle çökmeye ve dolayısıyla en azından bir sıçramaya götürmesini istemeliyiz.

Başlangıç evreni neredeyse kesinlikle yalnız bir Planck süresi kadar yaşadığından bir kara delik geliştirme olasılığı yok gibidir. O zaman, çöküp sıçrayarak ikinci bir evren doğurur. Temel hipotezimize göre bu ikinci evrenin parametreleri baştaki gelişigüzel seçilenlerden yalnızca küçük, gelişigüzel artmalarla fark eder. Bu evren de gene birkaç Planck süresi kadar kalır ve sonra bir kara delik oluşturmada çöker. Böylece o da parametreleri öncekinden küçük, gelişigüzel farkları olan tek bir yavru doğurur.

Evren uzun süre, her biri bir öncekinden gelen bir dizi minik evrenden başka bir şey olmayacak. Her bir evrenle bağlantılı olarak da bir öncekinden küçük, gelişigüzel farkları olan bir parametre kümesi bulunur. Bu çok uzun bir süre gitmeli, çünkü mümkün parametrelerin çoğu için, evren Planck süresi mertebesinde yaşayıp çökerek tek bir yavru yapar. Dolayısıyla olabilecek değişik parametreler birer birer gelişigüzel seçilip her birinin sonucu denenmiş olur.

Bu sanki, bir şekilde ortaya çıkmış, bölünme yerine ölürken tek bir yavru yapan, Anka gibi bir bakteriyi andırıyor. Diyelim ki yavrunun DNA'sı anasınınkinden tek bir genin mutasyonu ile fark ediyor. Neler olabilir? Bu Anka-bakteriler peş peşe birbirlerini izleyecekler, ta bir mutasyonla doğan bir bakteri, bölünme hilesini yeniden keşfedene kadar. Bundan sonra da çok geçmeden nüfus patlaması olup neredeyse tüm bakteriler Anka-bakteri yerine olağan bakterinin soyundan olacaklar.

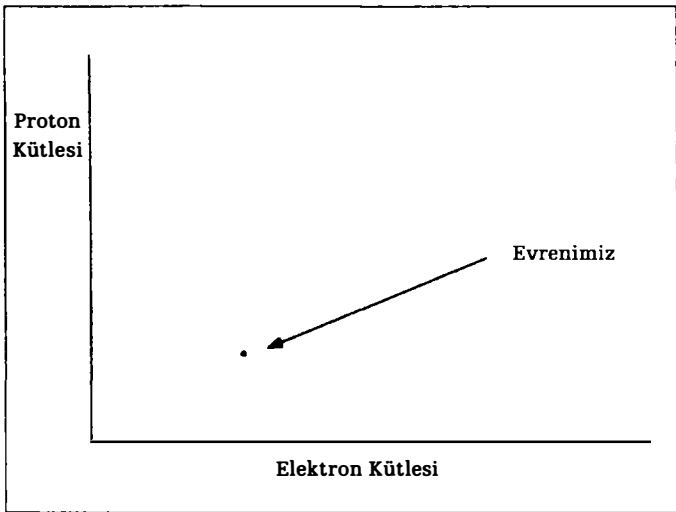
Benzer olarak, standart model parametrelerinin, kara delik oluşturup, böylece birçok soy bırakacak evrenleri betimleyecek değerlerin belli aralıkları bulunduğunu biliyoruz.

Bu aralıkların epeyce dar olduğu da doğru, zira basit evrenlere yol açan parametre aralıkları, kara delikleri olacak kadar büyük ve karmaşık evrenleri doğuracak aralıklardan çok daha büyük. Ama önünde sonunda parametrelerin değişik değerlerini denerlerken Anka evrenler birden çok yavru edinmenin hilesini keşfedecekler. Bunun ne kadar uzun zaman aldığı önemli değil. Çünkü her evrenin en az bir yavru verdiğini varsaydığımız kadar, parametrelerin yeni değerleriyle yaratılmış yeni evrenlerin kaç kere yaratılmış olmasının hiçbir sınırı yok. Bu bir kez oldu mu kendilerinin birçok kopyasını oluşturmanın hilesini bilen evrenlerin nüfusu patlayacaktır. Anka evrenler ölüp gitmeyecek ama baş edemeyecekler, soyları çoklu olan evrenlerin topluluğu tarafından silinip süpürülmeleri yalnızca bir zaman sorunu olacak.

Ne olduğunu gözümüzde canlandırabilmenin 3. Bölümde ortaya koyduğum parametreler uzayı cinsinden iyi bir yolu var. Orada betimlediğimiz gibi bu her boyutu bir parametre olan soyut bir uzay. Standart model parametrelerinin uzayı yaklaşık yirmi boyutlu. Böyle yüksek boyutlu uzayları gözümüzde canlandırmak zor, ama önemli niteliklerinin ne olduğunu anlamak için uzayın yalnız iki boyutu olduğunu düşleyebiliriz. Bu şekilde parametre uzayını Şekil 2'deki düzlem gibi düşleyebiliriz. Bu uzaydaki her nokta olabilecek bir evreni gösterir. Bu evrenle, tek bir yönden ilgileniyoruz: parametre değerleri böyle olan bir evrenin kaç adet kara delik -dolayısıyla da yavru- oluşturma olasılığı olur? Di-

yelim ki iyi bir kuramımız var ve bize parametrelerin her değeri için kaç adet kara delik oluşturulabileceğini verebiliyor. O zaman parametre uzayında, Şekil 3'te örneklenen bir fonksiyonumuz olacaktır. Bir arazi topoğrafyasına benzeyerek yükseklikler, o parametrelere sahip evrenlerin kaçar kara delik üretecekleri olasılığıyla orantılıdır. Yalnız iki parametre olma durumunda da bunu gerçek bir arazi topoğrafyası olarak görebiliriz, Şekil 3'teki gibi ovalar, tepeler, vadiler, geçitler vb.

Topluluktaki her evrenin, arazinin parametrelerini de veren o noktasında yaşayan küçük bir yaratık olduğunu düşleyebiliriz. Bunların her biri belli sayıda yeni evren yaratarak çoğalır. Her birinin parametreleri, annesininkilerden azıcık farklı olacak ve kendi parametrelerine karşılık gelen, annesininkine yakın bir noktada yaşayacak. Resmin kendi kuramımıza karşılık gelmesi için her yaratığın/evrenin yavru sayısının yaşadığı yerdeki arazinin yüksekliğiyle orantılı olduğunu düşlemeliyiz. (Fantezi olsun diye, dağ havasının çoğalmayı özendirdiğini söyleyebiliriz.) böylece kuramımıza kesinkes uyan bir resmimiz oluyor.

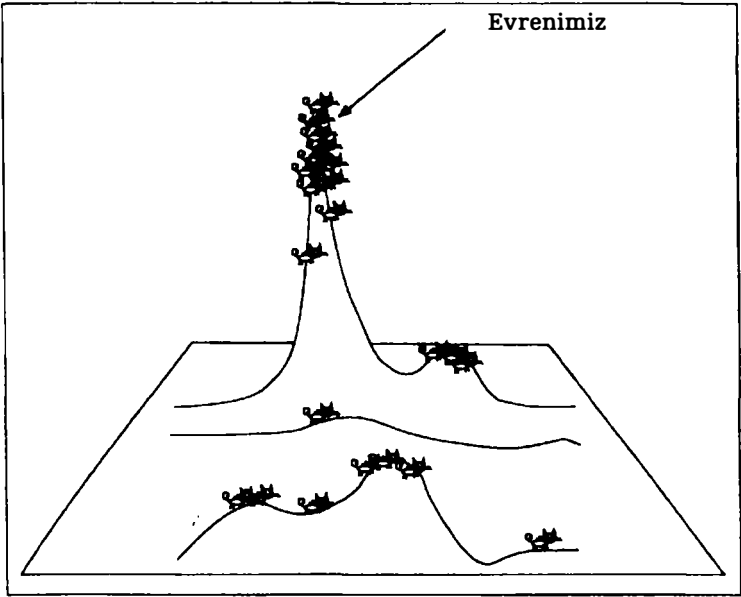


Şekil 2: Parametre uzayının, eksenleri nötron ve elektron kütlelerini gösteren iki boyutlu bir kesiti.

Arazinin çoğu düzlük olup kara deliği olmayan, dolayısıyla da çoğunun bir tek yavrusu olacak evrenlere götüren parametre değerlerine karşılık gelmektedir. Ama kara delik üreten evrenlere götürecek parametre aralıkları da bulunduğunu biliyoruz. Basitleştirici bir varsayımla başlayalım. Buna göre bir evrenin yaratabileceği yavru sayısı için iki olanak bulunsun, bir ya da on. On yavru yapacak evrenler arazide on yüksekliğinde bir ovayla gösterilsin. Bunu kuşatan engin düzlük ise, yalnızca kendilerini yenileyen Anka evrenlere götüren, çok daha geniş aralığa karşılık gelmektedir.

Parametreleri gelişigüzel seçilmiş bir evrenle başlamıştık. Bu, arazide bir yere gelişigüzel yerleştirilmiş bir yaratığa karşılık gelir. Dediğimiz gibi bu neredeyse kesinlikle Anka evrenlerin engin düzlüğüne rastlayacak. Tek bir yavru doğuracak, o da bir diğerini ve de böyle gidecek. Yaratıklar birbirlerini uzun bir süre birer birer yaratırlarken, hayatları arazinin büyük bir kısmını kaplayan düzlükte gelişigüzel bir yol izler. Ama önünde sonunda bu gelişigüzel serüven, ovanın tam altındaki bir noktaya varacak. Gelişigüzel bir adım daha onun yavrusunu ovaya, onar yavrusu olacak evrenlerin bölgesine getirebilir. Bu bir sonraki adımda olmazsa, önünde sonunda neredeyse kesinlikle olacaktır. İşte o zaman oyun değişecek çünkü şimdi ayırt edici çoğalma başlar. Farklı parametreler farklı sayıda yavru doğuracağından artık doğal seçim başlayabilir.

Ovanın üzerindeki ilk evrenin on yavrusu var. Bunların kimileri ovada kalarak kendileri de onar yavru yapacak. Diğerleri tekrar Anka evrenler bölgesine dönüp yalnız birer yavru yapabilirler. Ama dert etmeyelim, gene de ezici olasılıkla birkaç kuşak sonra yaratılan evrenlerin hemen hepsi bir değil on yavrulu olacak. On yavruluların sayısı her basamakta üstel olarak büyüdüğünden sayıca baskın olmaları sadece zaman sorunu. Yeterince süre sonra bütün topluluktan gelişigüzel seçilen bir evrenin on yavrulu olma olasılığı bire çok yakın olacaktır.



Şekil 3: Standart model parametrelerini iki boyutlu bir kesiti üzerinde kozmoloji için olabilecek bir arazi yapısı. Arazideki yükseltiler, her bir parametre değeri takımına sahip olan bir "evren" in üreteceği kara deliklerin sayısı ile orantılı. Kediler, belli sayıda "kuşak" tan sonraki "evren" nüfusunu temsil ediyor. (Çizim, Saint Clair Cemin'in izniyle.)

Mantık artık belirgin olduğuna göre genelleme yaparak bir ya da on yavrudan daha başka olabilirlik veren bir durumu ele alabiliriz. Gerçekçi olmak için, kendi evrenimiz 10^{18} kadarını yarattığına göre muazzam sayılarda kara delik doğuracak parametrelerin bulunabileceği durumu da göz önüne almamız gerekir. Gene, yavru sayısı arttıkça, bu sayılarda yavruleyen evrenleri yaratan parametre uzayı aralığının da küçüldüğünü –ki durum böyle görünüyor– varsayabiliriz. Asıl, arazi şimdi çok dramatik olacaktır: parametrelerin çok fazla değişiklik gösterdiği dağlık bir bölgeyi kuşatan engin bir düzlük. Dağ sıralarının aralarında muazzam yüksekliklere ulaşan daracık tepelerin yaptığı çıkıntılar görülür.

Karmaşık araziye karşın tek ovalı durumdaki mantığın aynı yürürlükte. Üstel olarak büyüyen bir toplulukta çoğalma oranı

en yüksek olan tür kazanır. Yeterince büyük sayıda kuşağın ardından, topluluktan gelişigüzel seçilecek bir evrenin, parametre uzayında en çok kara deliği yaratan bölgelerden gelme olasılığı yüksek olacaktır.

Parametreleri tamamen gelişigüzel olan tek bir evrenle başladık. İki önerme –artı kara deliklerin nasıl oluştuklarına ilişkin basit ama gerçekçi görünen varsayımlar– verildiğinde bu evren, hemen hepsine ait parametrelerin, en çok sayıda kara delik üretimi yapacak dar bölgede bulunduğu engin bir birikime götürecektir. Şimdi çok önemli bir şeye dikkat etmemiz gerekiyor: aslında başta ele aldığımız evrenin ilk evren olduğu varsayımını hiç kullanmadık. Bu, topluluktaki herhangi bir evren olabilirdi; buna ilişkin tek bildiğimiz, parametrelerinin gelişigüzel seçilmiş olmasıydı. Bu demektir ki, topluluktaki herhangi bir evren zaman içinde kendi parametreleri ne olursa olsun, büyük olasılıkla parametreleri çok sayıda kara delik yaratmaya elverişli olanların baskın olduğu geniş bir soydaş ailesi oluşturacaktır. Evrenler topluluğu hakkında geçmişte bir zamanda ne varsayım yapmış olursak olalım yeteri kadar süre sonra hep aynı durum gelişecektir: hemen hepsinin parametreleri en çok kara delik oluşturacak dar aralıkta olacaktır.

Sonuçta da kuramın öngörülleri başlangıçtaki evrenin parametrelerinin ne olduğuna bağlı olmayacaktır. İstersek bir ilk evren olduğu varsayımını bırakabiliriz. Bunu yaparsak tüm evrenlerin en az bir yavrusu olacağını da varsaymamız gerekmez. Ebediyen genişleyen ama hiç kara delik yapmayan evrenlere yol açan parametre seçenekleri olabileceğini kabullenmekle de hiçbir şey yitirmeyiz.

Şüphesiz buradaki basit sav birçok ayrıntıyı atlıyor. Yaratıkların arazide nasıl dağıldıklarını kesin bir şekilde bilmek için arazinin asıl topoğrafyasını bilmemiz gerekir. Bunun için özgül hipotezler yaparak, çıkan dağılımları incelemek mümkündür. Ama bunun için sıçramaların fiziğine ilişkin daha çok şey bilmemiz gerekirken, yaptıklarımızın tek anlamı, içinde bulunduğumuz bilgisizlik durumunda böyle aşırı koşullardaki fiziğe ilişkin, ne gibi sonuçlar edinebildiğimiz görmektir. Önemli olan, böyle bir bilginin yokluğunda yaratıklarımızı/evrenlerimizi nerede bulacağımıza ilişkin, hâlâ kimi genel çıkarımlar yapabilecek olmamız.

Bu genel çıkarımlardan birisi, yaratıkların bulunduğu yerlerin zirvelerin yakınlarında derişirken, tümünün tam zirvelerde olmasıdır. Bunun sebebi tüm yaratıkların ürettikleri yavruların, onlardan azıcık ötede yaşamalarıdır. Böylece bir yaratık tam zirvede bile olsa, çevresine birçok yavru dağıtacaktır.

Bunların ne kadar uzağa yayılacağını bilmek için hem parametrelerdeki gelişigüzel değişmelerin ne kadar büyük olabildiğini hem de arazinin sarplığını göz önüne almamız gerekir. Bu da bir ayrıntı sorunu olup şimdilik yanıtlayamıyoruz. Elimizdeki bilgiyle tek söyleyebileceğimiz, tipik bir yaratığın, zirvenin tam üzerinde değilse de yakınında olmasıdır. Bu demektir ki, tipik bir evrene ait parametreler bir evrenin yaratabileceği kara delik sayısının en büyük olduğu değerlerde olmayıp onlara yakındır.

Üzerinde durmamız gereken birçok başka sorun da var; örneğin ya arazide birden çok zirve varsa? Diyelim ki farklı yüksekliklerde birkaç zirve var. Yaratıkların nüfusları bunlardan en yüksekinin yakınında mı derişecek, yoksa her birinin yakınlarında da bulunacaklar mı?

Bunun kesin yanıtı arazinin ayrıntılarına bağlı. Ama hemen her durumda büyük ama sonlu sayıda kuşak sonra topluluk her bir zirvenin çevresinde yığılacaktır. En yüksek tepede kesinlikle daha çoğu olacaktır ama daha alçaklarının da çevrelerinde gene önemli bir sayı birikecektir. Öyleyse, büyük ama sonlu sayıda kuşak sonra topluluktan gelişigüzel bir yaratık seçtiğimizde, bunun genellikle en yüksek tepeden geldiğinden emin olamayız. Ama bu gelişigüzel seçilmiş yaratığın zirvelerden birinin yakınlarında doğmuş olduğu neredeyse kesindir. O zaman, asıl vargımıza gelebiliriz: *Yeterince süre sonra topluluktan rastgele seçilen bir evrenin parametreleri, kara delik üretiminin zirvelerinden birisine yakın olması olasıdır.*

İşte, bir gözlenemeyen evrenler topluluğuna dayalı bu kuramın bir açıklayıcı gücü olabilmesi tamı tamına bu nedenledir. Şimdi yalnızca bir ek hipotez yapmalıyız: *evrenimiz topluluğun tipik bir üyesidir.* Öyleyse evrenimize egemen olan parametrelerin de kara delik yaratılma zirvelerinin parametrelerine yakın olması gerektiği sonucunu çıkarabiliriz.

Bu verildiğinde, kendi evrenimizin parametrelerinden öteye bir adım atarsak ne olacağını sorabiliriz. Tepeye doğru yürünebilir ama doğrudan zirveye yönelik değilse hangi yönde gidersek gidelim yeteri kadar yürürsek aşağıya ineriz. Her ne kadar çok boyutlu bir uzaydaki araziye göz önüne getirmek zor olsa da parametre sayısı arttıkça bir dağın zirvesine yakın bir yerden gelişigüzel bir yönde sonlu bir uzaklığa yapılan yürüyüş yukarıya değil aşağıya doğru olacaktır. Dolayısıyla varacağımız sonuca göre, buradaki hipotezler *doğruysa fizik yasalarının parametrelerinde olacak değişikliklerin çoğu evrenimizde kara delik oluşma hızını azaltacaktır.*

Bu nedenle burada kotardığım kuram aslında gözlemle sınınamak durumundadır. İzleyen bölümlerde bunun nasıl yapılacağını açıklayacağım, ama bu bölümü kapatmadan önce öneriye ilişkin birkaç genel açıklama yapacağım.

Önce, yıldızlar açıkça kara delik yapmanın bir yolu. Yalnız on bin yıldızdan birisi bile kara delik olsa evrenimizde bol bol kara delik bulunur. Ancak, parametrelerin şimdiki değerlerinin, kara delik oluşturulma hızının en büyük değerini verdiği apaçık olmaktan çok uzak. Bu niçin örneğin tüm yıldızlar kara delik olacak gibi ayarlanmasın? İzleyen bölümlerde yanıtlamamız gerekli sorulardan birisi bu.

İkinci bir soru da kara delikleri, yıldızlarla hiç ilgisi olmadan yapan evrenler olup olamayacağı. Bu gibi evrenler, bizimkinden daha çok kara delik oluşturabilir mi? Örneğin belli parametre değerleri seçilebilir mi ki, oluşan evren erken aşamalarında daha yıldızlar bile oluşmadan muazzam sayılarda kara deliği doğrudan yapacak kadar kaotik olsun? Bu "ilksel kara delikler" in sayısının, evrenimizdeki kara deliklerinkini aşması olabilir mi?

Yanıt şöyle: bu mümkünse bile kuramın sınınanabilirliğiyle bir ilişkisi yok. Çünkü birkaç paragraf önce üzerinde durduğumuz gibi kuram, çoğu evrenin arazideki en yüksek zirvenin yakınlarında doğduğunu öngörmüyor. Öngörülen ise, yalnızca tepeler çevrelerindeki araziden yeterince yüksekte olduğu kadar, çoğunun zirvelerin yakınlarında doğduğu. Arazide birden çok tepe varsa, toplulukta, her biri bir tepeyle ilişkili birçok birikim baskın olacaktır.

Bunun bir sonucu olarak, eğer evrenimizin tipik olduğunu söylüyorsak, parametreler bir zirveye yakın olmalı. Ama bu, küçük değişikliklerin evrenin yaratacağı kara deliklerin sayısını azaltacağı öngörüsünü çıkarsamak için yeterli. Bu öngörüü yoklamak için parametrelerde büyük değişikliklerin etkilerine ilişkin bir şeyler bilmemiz gerekmiyor. Gereken, yalnız çevremizdeki arazi-yi araştırıp bir zirveye yakın olduğumuzu doğrulamamız. Bu demektir ki, kara deliklerin bol bol yaratıldığı çok değişik parametre seçeneklerinin de olup olmaması hiç önemli değil. Bu iyi çünkü evrenin, parametrelerdeki keyfi değişiklikler sonucu neye benzeceğini düşlemeye uğraşmaktansa, fizik yasalarının parametrelerindeki küçük değişimlerle evrenimize ne olacağını usavurmak çok daha kolay.

Arazinin resmine bakarak şimdiye dek muğlak bıraktığım bir şeye açıklık getireceğim. Evrenimizden bir diğerine parametrelerdeki değişimin *küçük* olduğunu ileri sürdüm. Ne gerektiğini, sözünü ettiklerimizden görebiliriz: adımlar, kara deliklerin bol bol üretilmesine yol açan parametrelerden, kısıtlı üretime yol açanlara gidiş ölçeğine kıyasla daha küçük olmalıdır. Başka deyişle adımlar arazideki dağların büyüklüğüne kıyasla kısa olmalı, bir adımda tepeden vadiye inilememelidir. Bu, bol bol yavru üreten bir evrenin, yavrusunun da çok sayıda kara delik üretmesi için gereklidir.

Doğal seçim yalnız biyolojide işe yarar çünkü organizmalardaki mutasyon ve eşeysel karışma değişimleri küçüktür. Bu yalnızca organizmaların uyumluluğunu kuşaktan kuşağa koruma için değil, artırıcı değişimlerin birikmesiyle daha büyük bir uyumluluk geliştirmeyi mümkün kılmak için gereklidir. Evrenlerdeki parametre değişimleri küçükse kozmolojide de aynı şey gerçekleşir. Yalnızca her yeni evrenin yaratılmasıyla parametrelerin değiştiğini varsaymak yetmez, Her bir evrenin parametreleri gelişigüzel, önceki evreninkiyle ilişkisi olmadan seçiliyorsa hiçbir şeyin açıklanabilme olanağı yoktur. Parametrelerdeki değişimlerin küçük olduğunu varsaymak, bilimsel bir kuramı yeni evrenlerin kara deliklerden yaratıldığı önerisine dayandırmayı mümkün kılan hayati bir fikir. Bunsuz ilginç bir spekülasyonumuz olurken, bununla bir kuramımız var.

Bu durumda biyolojiyle benzerlik düzmece olmuyor. İncelikli bir analogi bulunurken bu, burada kullandığımla kesinlikle aynı biçimsel yapının biyolojideki doğal seçilimin işleyişini betimlerek kullanılabilmesine dayanmaktadır. Bu biçimsel analogiyi kurmak için genleri parametrelerin benzeri kabul ederek başlıyoruz. O zaman, DNA'nın tüm mümkün dizilişlerinin topluluğu uzay parametreleri gibi bir şey olurlar.

Şüphesiz gerçek yaratıkların genleri fizik yasalarının parametrelerinden pek çok şekilde farklı olabilir. Örneğin mümkün farklı genleri uzaydaki noktalar olarak –farkları tek bir mutasyon olan genlerin, gen uzayında birbirlerine yakın olmaları gibi– temsil etmek istersek gen uzayının boyut sayısı çok yüksek olmalıdır, çünkü verilen bir DNA dizisinin pek çok mutasyonu olabilir. Ama bu da biçimsel analogilerin gücüdür: bunlar iki farklı sistemde, yalnızca kendisiyle ilgilendiğimiz düzeneklerde rol oynayan niteliği soyutlamamıza yol açar.

Genetikteki kilit nicelik, yaratıkların yavruları arasında, hayatta kalarak kendi yavrularının belli gen kümelerini taşıyacak olanların ortalama sayısıdır. Biyologlar bu sayıya uyumluluk diyorlar. Bu nicelik belli bir parametre kümesi bulunan bir evrenin ürettiği evrenlerin ortalama sayısının tam benzeridir. Bu, genlere bağlı olduğundan, bunu genler uzayında yüksekliğin uygunlukla orantılı olduğu bir araziyle temsil edebiliriz. Böylece bu duruma uyumluluk arazisi denir. Doğal seçim biyolojide işe yarar, çünkü gen uzayında, ortalamada yakınlarındakilerden daha çok sayıda yavru yapmaya götürecek genler bulunuyor. Dolayısıyla uyumluluk arazisi vadiler, tepeler ve yarılarla dolu karmaşık, tıpkı üretilen kara deliklerin sayısını veren fizik parametrelerinin fonksiyonu gibi bir topoğrafya ile nitelenir.

Dahası, kalıcı yavrulara götüren bu gen kombinasyonlarının sayısı, öyle olmayanlardan çok daha az olduğundan bol çoğalan yaratıklar hep genler uzayının küçük bölgelerine karşılık gelecektir. Bu, fiziğin parametre uzayının, çoğu yalnız birkaç Planck süresi yaşayıp kendilerinin bir tek kopyasından fazlasını üretmeyen evrenlere karşılık gelme durumunun tam benzeridir. Son olarak da her yeni evren doğuşunda parametrelerin gelişigüzel bir küçük adımla değişmesi kuralımız da, eşleme sırasında yavrunun genle-

rinin ortalama olarak ana-babanın genlerinden azıcık, gelişigüzel değişmesinin tam anlamıyla benzeridir.

Böylece doğal seçim olgusunun hem biyolojiye hem de bizim kozmolojik hipotezimize uygulanacak biçimsel bir gösterimini soyutlamış oluyoruz. Bundan çıkarsanabilecek her sonuç, her iki alana da uygulanabilir. Biyologlar bu uyumluluk arazisi resmini 1930'lardan beri kullanmaktalar. Bunun betimlerini evrim kuramcılarının yazılarında Richard Dawkins ile Stuart Kauffman kadar farklı örneklerini bulabiliriz. Biyologlar böyle arazilerdeki topluluklar üzerinde pek çok çalışma yaptılar ve hepsinin sonucu burada vardıklarını onaylamakta.

Ayrıca vurgulanması gereken ise bu biçimsel düzeyde "en uyumlunun kalıcılığı" ya da "kaynaklar için çekişme" gibi kavramların bir rolü yoktur. Kendisini gösteren tek şey, mümkün genleri değiştirdiğimizde çoğalma hızında olan yeğin değişme. Bu değişmenin sorumlusu ve ne olduğu, değişen kalıcılık hızlarına neyin karıştığı, doğal seçilimin temel düzeneğinin çalışma biçimi için yerinde sorular değil. İşte bu nedenle bu arada, evrim biyologları arasında –doğal seçim kuramını temelde zorlayan bir şey olmasa da– anlaşmazlıklar çıkmakta. Üzerinde tartışılan şey, doğal seçim olgusunun doğada nasıl ya da hiç etkili olup olmadığı değil, kalıcılık hızlarının önemli belirleyicilerinin neler olduğu.

Aslında uyumluluk arazisi modeli, burada betimlemekte olduğum kozmoloji kuramına biyolojide daha bir tamlıkla karşılık gelmekte. Çünkü bu, uyumluluk arazisinin hep aynı kaldığını varsaymakta. Ama şüphesiz asıl durum bu değil. Belli bir organizmanın ne denli başarılı olacağını belirleyen çevre, büyük ölçüde başka organizmalardan oluşmuştur. Tek bir türün sabit bir çevrede evrildiğini söylemek ancak kaba bir yaklaşıklık olacaktır.

Gene de bu yaklaşıklık birçok bakımdan yararlı görünmekte. Ama bu gezegendeki yaşamın evrimini bir bütün olarak anlamak istiyorsak, türler topluluğunun bir bütün olarak birlikte evrilirken farklı nişler oluşturabilecekleri gerçeğini de hesaba katmalıyız. Doğal seçim olgusunun, örneğin niçin böyle, yüksek düzeyde bir tür çeşitliliğini pekiştirdiğini ancak böyle anlayabiliriz. Gerçekten evrimin popüler sunumları çoğunlukla çekişmeyi vurgularken türlerin yaşamak için icat ettikleri değişik yolların

bolluğuna bakarak, evrimdeki önemli bir temanın, bunun yerine farklı türler arasındaki çekişmeyi azaltmak amacıyla yaşamının yeni yollarını icat etme sürecine yeteneği olabilecek gibi görünüyor. Bunun üzerinde daha ayrıntılı olarak 11. Bölümde duracağız.

Topluluğun bir tek üyesine erişebildiğimiz için doğal seçim ilkesini kozmolojiye uygulamak, şüphesiz biyolojiden daha zor olacaktır. Biyolojide bir topluluktaki genlerin dağılım özelliklerini inceleyebiliriz. Bu, evrimin nasıl ilerlediği hakkında, türlerin genetik uzaklığı ya da hepimizin tek bir Havva'dan geldiğimizin keşfi gibi sonuçlara götürebilir. Bunların kozmolojideki benzerlerinin tek bir evrende yapılan gözlemlerden çıkartılabileceğini görmek zor. Örneğin daha önce varsaydığım bir ilk evrenin olup olmadığını nasıl söyleyebileceğimizi anlamak çok zor. Ama bu bizi kuramdan bazı sınanabilir sonuçlar çıkarmaktan alıkoymayacak.

Bu durumda, kuram doğruysa evren biyolojik sistemlerle belli nitelikleri paylaşmak zorunda. Her iki durumda da, her birinin özellikleri birer parametre kümesiyle belirlenen büyük, ayırt edilebilir bireyler topluluğu var. Her iki durumda da bu parametrelerin pek çok değeri için, gerçekleşecek yapılar hiç de ilginç değil. Her iki durumda da temel dinamik süreçlerin ölçeğine göre çok uzun sürelerce kararlı olan yapıların gelişmesi görülür. Her iki durumda da açıklanması gereken, asıl gerçekleşen parametrelerin niçin bize yapıları iyice ayrıntılı, ilginç birer evren vermesi. Ve de önerdiğim kuram doğruysa her iki durumda da açıklamanın doğal seçim ilkesinin ardındaki istatistikte bulunması.

Bu biyolojide kesinlikle doğru ya, kozmolojiye aynı derecede iyi uygulanabilme olasılığı ne? İzleyen bölümlerde bu sorunu irdeleyeceğiz. Ama şimdilik bunu ciddiye almamızın oldukça genel kimi nedenleri vurgulayacağım. Bana göre kilit husus, kendi evrenimizin yapısının, parametrelerin diğer çoğu değerleri için olanlara kıyasla çok daha fazla ayrıntılı olduğu gözlemini ne denli ciddiye alacak olmamız. Bunu nasıl görmeliyiz; bir tür kozmik raslantı mı, yoksa açıklanması gerekli bir şey olarak mı?

Savlayacağım şu ki kendimizi deneysel bir sınamaya tutulacak ve alışılmış nedensel açıklama çerçevesi içinde kalan bir açıklamaya kısıtlarsak pek çok seçeneğimiz olmaz. Richard Dawkins'in *Kör Saatçi*'sinden alıntı yaparsak, "Birikimli doğal seçimli evrim

kuramı, bildiğimiz yegâne kuram. Yani ilke olarak, örgütlü karmaşıklığın varlığını açıklama yetisi olup, deliller tercih etmese bile eldeki en iyi kuramdır.”

Burada yaptığım öneri sınamayı geçemeyebilir. Ama olan değerlerinin tipik olanlara göre çok daha ayrıntılı yapıları olan karmaşık bir evren oluşturduğunu görmezden gelmeyen parametrelerin değerleri için bir bilimsel açıklamanın peşine bir kez düştüğümüzde, kozmolojinin de doğal seçilime benzer bir düzeneği bulundurmak zorunda olabileceğini de görmezden gelmemiz zor olacaktır.

Ne olursa olsun, boş ver

—Gary Snyder, "Turtle Island" [Kaplumbağa Adası]

SEKİZ

HAFİYELİK İŞ

Bir hafiye ne denli akıllı ve zeki olursa olsun, yöntemleri ne denli modern ve usavurumu ne denli incelikli olursa olsun işin sonunda kötü adamlar ortaya çıkmadıkça, iyi sayılmaz. Bu bilim için de böyledir. Bilimin niçin işe yaradığı belki bir giz ama gene de yarıyor. Hem de bununla uğraşanlar olarak, çoğu zaman yaptıklarımızın tek doğru ölçüsü olarak en sonunda gözlem ve deneyle sınanmaya dayanıklılığı kavramıyla tatmin oluyoruz. Aslında pek çok bilim insanının deneyimi, fikirlerimizden çoğunun sonunda yanlış çıkmasıdır. Birçok fikir daha sınanma noktasına bile gelmeden başka nedenlerle ıskartaya çıkarılıyor. Belki de bilimin ilerliyor olabilmesinin bir sebebi de sayıca az olmadığımız kadar dik başlı bir takım olmamız.

Önceki bölümde bir kuram sundum. Buna, kozmolojik doğal seçim kuramı denebilir. Buna, temel parçacık fiziği ile kozmolojinin, kitabın birinci kısmında üzerinde durduğum çeşitli sorunlar için mümkün bir yanıt olarak niyetlenilmişti. Belki de sırf, temel parçacık fiziğinin parametrelerini belirleyecek ama köklü atomculuğun standart varsayımlarına dayanmayan bir kuram icat etmenin mümkün olduğunu bilmek yeterlidir. Ancak, bir kere ele alındığında bunun doğru olma şansı var mı diye merak edebiliriz. İtiraf ederim ki fikir ilk aklıma geldiğinde bunu bir tür prototip olarak görmüştüm. Bunun yanlışlığını kanıtlayacak basit bir sav bulmanın kolay olacağını umuyordum. Ama olan bu değildi. Bunun yerine, bir dizi sınamayı atlattıkça, gerçek bir bilimsel kuram olduğuna ikna olmaya başladım.

Kuramın temel öngörüsü, temel parçacık fiziğinin yasalarındaki parametrelerin evrenimizdeki kara deliklerin sayılarını en büyük yapacak değerlere yakınlığı oldu. İlk bakışta bu öngörü-yü sınamak olanaksız görünüyordu. Elimizde, parametreleri bir takım düğmeleri çevirerek ayarlanacak laboratuvar dolusu evren yoktu. Ama bu, kuramın sınanabileceği tek yol değil. Diğer evrenlere erişmek olanaksız da olsa bildiğimiz fizik ve astronomiden parametrelerdeki ufak değişmelerin etkisinin ne olabileceğini çıkarabilmeliyiz. Eğer bunu, daha çok ya da daha az sayıda kara delik içeren evrenler olacağı sonucunu çıkarsayacak kadar iyi yapabileceğimiz durumlar varsa, kuramın öngörülleri sınanabilecektir.

Aslında, parametrelerdeki değişmenin kara deliklerin oluştuğu süreçlere büyük etkiler yapacağını çıkarsayabileceğimiz birçok durum olabiliyor. Bu demektir ki temel parçacık fiziği ve kozmolojide en az yirmi parametre olduğu düşünülüğünde yanlış bir kuramı çürütmek kolay olacaktır. Her bir parametre ya artırılacak ya da azaltılacak olduğundan, bu bize kuramı çelmek için en az kırk şans veriyor. Eğer kuram yanlışsa parametrelerle kara deliklerin sayısı arasında bir ilişki beklemek için hiçbir sebebimiz olamaz. O zaman artma için de azalmaya götürmesi için de aynı sayıda değişiklik beklemek olası. Öte yandan eğer kırk değişikliğin hepsi kara deliklerin sayısının azalmasına götürüyorsa o zaman kuramı ciddiye almaktan başka pek bir şansımız yok. Çünkü bunun, parametre değerleriyle kara delik sayılarının ilişkisi olmadan gerçekleşmesi olasılığı ise 2^{40} 'ta bir gibi minicik bir sayıdır.

Mevcut durum bu iki olanağın arasında bir yerde. Betimleyeceğim gibi, parametrelerdeki artma ya da azalmanın evrendeki kara deliklerin sayısında dramatik bir azalmaya yol açan en az sekiz durumu var. Bir iki durumda değişiklik olabilir ama eldeki bilgiyle etkinin yönünü öngörmek mümkün değil. Ama küçük bir değişmenin kara deliklerin sayısında büyük artma yaptığını bildiğim hiçbir durum yok.

Kuramı sınavabilmenin temel sebebi kara delikleri yapmanın kolay olmaması. Bunlar yalnızca, madde muazzam yoğunluklara sıkıştırıldığında oluşur. Bunun da özel durumlar dışında gerçekleşmesi beklenemez. Bildiğimiz kadarıyla evrenimizdeki çoğu kara delik kütlece büyük bir yıldız belli bir şekilde, bütün nükleer

yakıtını tükettikten sonra çöktüğünde oluşur. Ayrıca bir kara deliği yapmak kolay değilse, yıldızları oluşturmak da zor. Bunlar ancak belli koşullar altında bol bol oluşabilirler. Bunun anlamı evrenin olduğu nesnelerin, kaç adet kara delik yapılacağı üzerinde büyük etkisi olmasıdır. Açıklayacağım gibi, çok sayıda kararlı atomun varlığıyla zengin bir kimyaya sahip evrenimiz birçok, daha basit evrende olabileceğinden daha çok kara delik oluşturuyor.

Dahası, yalnızca kütleleri iyice büyük olan yıldızlar kara delik yapıyor. Çoğu yıldız bizim güneşimize benzer. Bunlar on milyar yıl kadar sonra olaysız yanarak sessizce ölürken, yavaşça soğuyup beyaz cüce olacaklar. Kara delik oluşturacak kadar kütleli yıldızlar pek yaygın değildir. Bunun görünürdeki sebebi bunların oluştukları koşulların sıradan yıldızların doğuşuna götürenlerden daha da seyrek olması.

Yıldızlar, bir gaz bulutunun kütleçekim kuvvetinin etkisiyle çökmesiyle oluşur. Eğer bulutun kütlesi yeterince büyükse merkezi çekirdek tepkimelerinin olabileceği kadar yoğun ve sıcak olabilir ve yeni bir yıldız parlamaya başlar. Ama kütleçekim çok zayıf olduğundan bu her gaz bulutunda olamaz. Atmosferdeki hava gibi, evreni dolduran gazın da kütleçekim kuvvetine direnen bir basıncı var. Bulutun yoğunluğu, kuvvetin bu basıncı alt edip, yıldız oluşana dek sıkıştırılabileceği kadar yüksek olmalı. Bulut aynı zamanda soğuk da olmalı, çünkü sıcak olduğu kadar kütleçekim kuvvetine direnen basınç da yüksek olur. Gerçekten yıldızları oluşturan bulutlar çok soğuktur, yaklaşık mutlak sıfırın on derece kadar üstünde.

Bu önemli; çünkü evren çok sayıda yıldız oluşturacaksa koşulların onu dolduran gazın yıldızları yapacak yoğun bulutlara çökmesini sağlayabilecek gibi olması anlamına geliyor. İşin özü şu ki fizik yasalarındaki parametrelerin değiştirilmesi, oluşacak kara delik sayısı üzerinde işte bu nedenle büyük etki yapmakta.

Ayrıca da pek çok yıldızın oluşumunda içrek bir engel bulunduğu hemen görebiliriz. Oluşmak için gereksindikleri yoğun ve soğuk bir çevreyken yıldız oluşur oluşmaz çevresini ısıtmaya başlar. Çevresindeki gazı ısıtarak başka yıldız oluşmasını zorlaştırır. Sorunumuzun özü bu. Yıldızlar oluşmaları için gerekli koşulları kesintiye uğrattıyor. Bunun sonucunda yıldız oluşma süreci beklenebilenden çok daha karmaşık ve ilginç oluyor.

Çok daha erken zamanlarda, gökadalar oluşmadan önce evrenin hidrojen ve helyumla aşağı yukarı tekdüze olarak dolu olduğunu sanıyoruz. Evren genişledikçe gaz seyrelip soğudu. Tarihinin erken çağlarında –yaratılışından yaklaşık yüz milyon yıl kadar sonra– evreni dolduran gazın, yıldızların oluşabileceği kadar yoğun olması mümkün. O sıralarda hiç yıldız oluşup oluşmadığı oldukça ilginç bir soru olup üzerinde epeyce spekülasyon yapılmaktadır. Ama o zamanlarda az bir yıldız gerçekten oluşmuş olsa da evren hızla iyice seyrelemiş olduğundan sayıları pek büyük olmasa gerek.

O zamandan beri evren ortalamada yıldızların oluşamayacağı kadar fazla seyrek. Ama o zamandan beri kesinlikle büyük sayılarda yıldız oluştu; kanıtı da çevremizde. Peki bu nasıl olabiliyor? Yanıt şöyle: Bir evrenin sürekli yıldız oluşturabilmesi için, genişlemesine karşın soğuk ve yoğun kalan gaz bulutları bulunmalı. Dahası, yıldızların doğduğu yerleri kaplasalar bile bu durumlarının korumaları gerekir.

Böyle yerler var. Bunlar spiral gökadaların disklerinde bulunuyor. Evrenimizin böyle gökadalarla dolu olması da önemli bir gerçek. Bu nedenle evrende yalnız ilk anların yakınlarında olabilecek kısa patlamalarda yaratılabileceklerden daha çok sayıda yıldız –ve de kara delik– bulunuyor. Evrenimizde niçin bu denli çok yıldız olduğunu anlamak için gökadaların, onları ortaya çıkaran ve yıldızların oluşmasını sağlayan koşulları korumak için kendilerini örgütledikleri süreçleri anlamamız gerekir.

Kilit sorun, bu yıldız yapan bulutların çevrede onları ısıtacak yıldızlar bulunmasına karşın kendilerini nasıl soğutabildikleri. Bunun yanıtı: hidrojen ve helyum bunu kendi başlarına beceremezler; bulutları soğutan süreçlerde başka elementlerin, öncelikle de karbonun katkısı var. Soğutma düzenekleri karbonmonoksit gibi organik moleküllerin fazlalık ısıyı ısıması gibi süreçlere dayanması dikkate değer. Gerçekten de bu soğuk bulutlar organik moleküllerle dolu. Bu bakımdan bunlara *dev, molekül bulutları* denir. Bu bulutlar ek olarak bol bol toz da içerirler. Yıldız ışığını engelleyerek soğumaya bunlar da yardımcı olur. Bu tozda ise esas olarak karbon bulunur.

Karbon ve diğer organik elementler şüphesiz canlıların yapıldığı şeyler. Ama görünüşe göre bunlar yaşam için tamamen ayrı

bir nedenle önemli: bunlar evrenin yıldızları yaptığı süreçler için gerekli.

Şüphesiz bu elementlerin kendileri yıldızlarda yapılıyor. Öyleyse başta yıldızların sırf ilksel evreni dolduran hidrojen ve helyumdan yapılabilmeleri mümkün olmalı. Bunun oluş şekli büyük ölçüde çözülmemiştir ama ilk yıldızlar nasıl oluşmuş olurlarsa olsunlar bu, bugün çoğu yıldızın oluşmasından çok farklıydı. Astronomların söyledikleri kadarıyla bizimki gibi spiral gökadalardaki yıldızların çoğu karbon ve diğer organik elementlerce engellenerek soğutulan büyük kütleli bulutlarda doğmuş olmalılar. Dahası, bu bulutların dışında oluşmuş yıldızlar varsa bunlar kara delik oluşturmak için fazla küçük olmalılar. Dolayısıyla da karbon olmasaydı kara deliklerin çok büyük çoğunluğu oluşamazdı. Bu demektir ki *parametrelerde karbonsuz bir evren oluşturacak bir değişiklik çok daha az yıldız oluşmasına, dolayısıyla da çok daha az kara deliğe yol açacaktır.*

Bundan da, parametrelerde daha az kara deliği olan bir evrene götürecek birçok değişiklik olabileceği sonucuna varırız. Bunun sebebi ise üçüncü bölümde üzerinde durduğumuz gibi etkisi kararlı atom çekirdeklerinin oluşamayacağı evrenlere götürecek böylesine pek çok değişiklik olmasıdır. Atom çekirdeklerinin kararlılığı, yalnızca işin içindeki birçok kuvvet arasındaki dengeyle olur. Bazı parçacıkların kütleleri ya da kuvvetlerin yeğinlikleri değişirse bu denge bozulabilir. Çekirdeklerin olmadığı bir evrene götüren değişiklikler proton, nötron, elektron ve nötrino kütlelerinde ya artma ya azalma olmasının yanı sıra elektromanyetik ve yeğin etkileşmelerin yeğinliklerinde değişme demektir. Hepsi ele alındığında değişikliğin açıkça atom çekirdeği olmayan bir evrene götüreceği beş durum bulunuyor. Söylediklerimizin ışığında ise bunlar hep az sayıda kara deliği olan evrenlerdir.

Ama bunlar karbonsuz bir evrene götürecek değişikliklerin henüz tümü değil. Çünkü karbonun varlığı yetmez, yeterince çok miktarlarda yapılmalı ki gökadanın yaşamında büyük bir rolü olsun. Kendi evrenimizde karbon yıldızlarda yapılır, gittikçe daha büyük çekirdeklerin kaynaştırıldığı tepkimeler dizisinin bir aşamasında. Evren düzene girerken bol bol karbon yapılmış. Ama Britanyalı astronom Fred Hoyle'un yıllarca önce bulduğu gibi yıl-

dızlarda karbonu yapan süreçler belli ince raslantılara dayanıyor. Bulduğu şuydu: eğer çekirdekleri için içindeki bir diğer elementin çekirdekleriyle hemen hemen aynı frekansta titreşmeseydi pek az karbon yapılabilirdi.

Bunu ayrıntılarıyla anlamak için biraz kuantum fiziği gerekir ya, çekirdeklerin de atom ve moleküller gibi tıpkı gitar tellerine benzer olarak belli kesikli frekanslarda titreşebildiklerini söylemek yeterli. İki çekirdek çok yakın frekansta titreşebiliyorsa birinin diğerini uyarabileceği bir rezonans etkisi olabilir, tıpkı bir saz teli çalındığında yakındaki benzerlerinin de tınlaması gibi. Bu durum, çekirdek tepkimelerini büyük ölçüde hızlandırır.

Hoyle'un hesapları, onu karbonla berilyum elementi arasında böyle bir rezonans durumu yoksa, yıldızlarda çok az karbon üretilceği sonucuna götürdü. Bu da her iki elementin aynı frekansta titreşen birer durumları bulunmasını gerektirir. Bu peşinen pek beklenecek bir şey olmayıp daha beteri böyle bir raslantı da bilinmiyordu. Hoyle da karbonun belli bir frekansta titreşmesi gerektiğini öngördü. Karbonun bu frekansta titreştiği bir durumu bilinmiyordu, ama Hoyle gerekçelerinden çok emin olduğu için bunun bulunması gerektiğinde ısrarcı oldu. İsrarları üzerine bir deneyci grubu bu durumu araştırdı ve sonunda buldular.

Bu öykü, insancı ilkeyi savunanlarca zaman zaman epeyce büyütülmüştü. Karbon kesinlikle yaşam için elzem ama görünürdeki evrende başka şeyler –sürekli yıldız oluşumu gibi– için de öyle. Ne olursa olsun Hoyle'un yaptığı, karbonun niye bulunduğuna ilişkin bir hipotez gerektirmiyordu. Ama bu öngörü için evrende çok miktarda olduğundan dolayı yalnızca, karbonun her nasılsa yıldızlarda yapılmış olduğunu varsayması gerekiyordu.

Bu gene de öykünün sonu değil çünkü karbonun yıldızlarda yapılması da yeterli olmayıp bu aynı zamanda gökada diski boyunca dağıtılmış olmak zorundadır. Sırf ölü yıldızlarda birikmesi de işe yaramaz. Aslında, yıldızlarda yapılan karbonun çoğu yıldız ölürken uzaya savrulur. Önce, ölmekte olan yıldızdaki kaynağa güçlü rüzgârlar oluşarak kütleinin büyük bir kısmını taşır. Sonra da aralarında daha kütleli olanları, süpernova olarak patlayıp kalan karbonun büyük bir kısmını yıldızlararası ortama geri verir.

Süpernovalar olmazsa bulutları soğutacak daha az karbon olacak ve daha az yıldız oluşacaktı.

Süpernovalar gökadanın yıldız oluştururken gereksindiği gücü verecek enerjiyi sağlamak gibi bir başka amaçla da gerekli. Bunun nasıl işlediği başlı başına ilginç bir öykü olup az sonra göreceğiz. Yıldızlararası ortama geri verdikleri hem enerjiyi hem de kütleyi hesaba katarak önemli bir hipoteze varıyoruz: *süpernovaları olmayan bir evren, içinde daha az yıldız ve de bu yüzden daha az kara delik yapılan bir evren olacaktır.*

Bu hipotezin götüreceği sonuçlarla ilgilenmeden önce değinmem gereken incelikli bir husus var: yıldızın kara deliğe dönüşmesi ancak, öldükten sonra kütlesi belli bir miktardan çoksa olabilir. Yoksa ya bir beyaz cüceye ya da nötron yıldızına dönüşür. Kara delik olmak için gerekli kütleye *üst kütle sınırı* adı verilmiştir çünkü bu, kara delik olmayan en büyük kütleli ölü yıldızın kütlesidir. Kesin değeri tam olarak bilinmemekte olup, Güneş kütle-sinin bir buçuk ile dört katı arasında bir yerdedir. Ancak, büyük kütleli bir yıldız kara delik olacağı noktaya kadar çökmeden önce patlar. Patlama kuvveti yıldız kütle-sinin çoğunu gökaya fırlatır. Arta kalan kısmına da kalıntı denir. İşte ancak kalıntının kütlesi bu üst sınırdan büyükse kara delik haline gelir.

Dolayısıyla bir yıldız başta kara delik olabilecek kadar büyük kütleli olsa bile başka şeye dönüşebilir çünkü süpernova patlamasında kütle-sinin çoğu fırlatılacaktır. Bu pek çok durumda olan şeydir. Bunun bir sonucu olarak, eğer fizik yasalarını süpernova patlaması olmayacak gibi değiştirmenin bir yolu olsaydı, bunun sonucunda kara delik olacak büyük kütleli yıldızların sayısı artabilecekti.

Bu, genelde kara deliklerin sayısının artması anlamına mı gelir? Böyleyse bu, kuramın karşıtı bir delil sayılabilir. Ancak, yanıt hayır olacak, çünkü süpernovaların etkileri olmayınca büyük kütleli yıldızlardan daha az yapılacaktır. Dolayısıyla süpernovaların yokluğunda, belli bir büyük kütleli yıldızın kara delik olma olasılığı yüksek olsa bile, büyük kütleli yıldızların sayısı daha az olacağından sonuçta epeyce az sayıda kara deliği olan bir evren olabilecektir.

Elimizde süpernovaları engelleyecek gibi ayarlanabilecek en az bir parametre var, zayıf etkileşmenin yeglinliği. Bunun sebebi süpernovaları bu etkileşmenin tetiklemesidir.

Büyük kütleli bir yıldızın çökmesi, büyük ve otokrat bir devletin yıkılmasını andırır: olaylar içten dışa doğru olur. Yıldız nükleer yakıtını tükettiğinde ilk olan şey yıldız çekirdeğinin iç kısmı, kütleçekim kuvveti etkisiyle atom çekirdeği yoğunluğuna varınca ya dek çökmesidir. Bu, büyük bir enerji açığa çıkarır ki bunun bir şekilde dışarıya atılması gerekir. Çekirdek, ışığın uzaklaşmaya-çağı kadar yoğun olup yalnızca maddeyle iyice zayıf olarak etkileşen nötrinolar kaçabilir. Böylece yıldız çökerken enerjiyi çekirdeğinden dışarı atmak için çok sayıda nötrino yaratılır.

Ancak, dışarıya doğru yolculuklarında nötrinolar yıldızın geri kalanından da geçmek zorundalar; ancak, buraları da çökmekte olacaktır. Buradaki malzeme epeyce çok olup nötrinoların ele gelir bir kesri –belki yüzde beşi kadar– yolda etkileşir. O zaman da taşıdıkları enerjiyi yıldızın dış katmanlarındaki atomlara bırakırlar. Bu da malzemeyi çok fazla ısıtarak süpernova patlamasına yol açar.

Çoğu zaman doğada pek bir rolleri görünmeyen minicik nötrinoların, doğadaki belki en dramatik olgular olan süpernova patlamalarındaki kilit oyuncu olmaları oldukça dokunaklı. Ama bunun asıl ilginç tarafı, nötrinoların enerjiyi yıldızın iç çekirdeğinden alıp dış katmanlarına verme sürecinin, ancak bunların maddeyle etkileşme yeğînliğinin dar bir aralığa ayarlanmasıyla olabilmesidir. Etkileşmeler fazla zayıfsa nötrinoların tümü dış katmanlardan enerji bırakmadan geçip giderler. Sonuç süpernovanın olmamasıdır. Ama fazla yeğînse iç çekirdekle çok sıkı etkileşerek dışarıya kaçmazlar. Sonuç gene patlama olmaması. İç çekirdek ısınıp durur ama yoğunluk çok büyük olduğundan patlayamaz. Böylece yıldızın geri kalanına da bunun üstüne çökmek kalır.

Dolayısıyla içinde çekirdekler ve yıldızlar olan ama süpernovalar olmayan bir evren olması için, diğer parametrelere dokunmadan yalnızca zayıf çekirdek etkileşmesinin yeğînliğini artırıp azaltmak yeterli. Bunlar, işleyen hipotezimizin çerçevesinde daha az yıldız oluşması ve dolayısıyla daha az kara deliği olacak bir evrene götürecek değişiklikler için elverişli adaylar.

Ancak, bundan emin olmadan zayıf etkileşme yeğînliğini değiştirmenin, senaryoyu etkileyebileceği yan etkilerin olmadığından da emin olmamız gerekir. Aslında böyle bir etki var. Standart kozmolo-

jik senaryoya göre evren bir bütün olarak bir zamanlar bir yıldızın içi kadar yoğundu. Bu sürdüğü kadar çekirdek tepkimeleri hidrojenlerin belli bir oranını helyuma kaynaştırır. Sonuçta bu dönemde ortaya çıkan evrenin dörtte biri helyumdu. Az miktarlarda, döteryum ve lityum gibi başka hafif elementler de oluştu.

Bu döneme ilişkin ayrıntılı bir kuram var. Bu, helyum ve diğer çekirdeklerden ne kadar sentezlendiğini öngörür. Bunların delillerle karşılaştırılması çok etkileyici görünüyor. Bu kurama göre sonuçta oluşan helyum miktarı zayıf çekirdek tepkimelerinin yeglinliğine oldukça duyarlı. Bir yönde süpernovaları önlemek için yeterince büyük bir değişiklik bütünüyle hidrojen olan bir evrene götürebilecekken, diğer yöndeki değişme bütünüyle helyum olan bir evren yapar. Herhangi bir sonuç çıkartmadan bunların kara delik oluşumunda ne gibi etkileri olabileceğini sormak zorundayız.

İlk durum, yani bütünüyle hidrojen olan bir evren yıldızlar ve gökadalara ilişkin süreçler düşünüldüğünde şimdiki evrenimizden pek farklı olmaz. O zaman da, bu durumun süpernovaların azalmasından gelen eksikliği giderecek yeni bir kara delik üretme düzeneğine götürecek bir neden bulmak zor. Dolayısıyla bu durumda elimizde, koyduğumuz hipotezlerin ışığında daha az kara deliği bulunacak bir evrene götüren bir değişme bulunuyor.

Durum, diğer olgu, yani çoğunlukla helyumdan oluşmuş bir evren halinde daha da zor. Sebebi, tamamen helyumdan oluşmuş yıldızların, çoklukla hidrojenden oluşan yıldızlara oranla çok daha hızlı yanmasıdır. Böylece gökadanın bütün tarihi değişecektir. Böyle bir evrenin niçin daha çok kara delik yapacağına ilişkin hiçbir bilgin yok. Ancak bir helyum evreninin bizimkinden ne denli farklı olacağını düşündüğümde böyle bir şey olacağını hiç sanmıyorum. Bu şekilde elimizde kalanlar, bir değişikliğin görünürde kara delik sayısını azaltması, ikincisi ise eldeki bilgilerimizden giderek belirgin sonuçlar edinmemize el vermeyecek kadar fazla farklı bir evrene götürmesi.

Böyle bir durum kuram için iyi, çünkü bir öngörü yapmak için fırsat yaratıyor. Eğer kozmolojik doğal seçim doğruysa o zaman sözünü etmekte olduğumuz evren –daha çok helyum, ama süpernova yokluğu– bizim evrenimizden daha çok kara delik içermemelidir. Şüphesiz bu öngörüü sınamak için bir deney yapamayız

ama astrofizik geliştikçe öyle ya da böyle bir karar vermemizin mümkün olacağı bir noktaya erişecektir.

Buraya kadar, parametrelerdeki değişikliğin kara deliklerin sayısını etkileyebileceği iki durum üzerinde durduk: karbonu ya da süpernovaları ortadan kaldırmak. Bunlar bize daha az kara deliği olan bir evrene götürecek toplam altı yol sunuyor: biri zayıf etkileşmelerin yağınlığındeki değişiklik; artı, çekirdeği olmayan bir evren için beş yol. Umarım bunlar kuramın sınanabilir olduğunu ortaya koyabilmek için yeterlidir. Şimdiye kadar parametrelerde olabilecek kırk kadar değişikliğin yalnız yedisini inceledik. Eğer yıldızları ve kara delikleri yapan süreçlere daha yakından bakarsak daha çok kara delik yapmaya götürecek parametre değişikliklerini yapacak yolları bulabilmemiz mümkün olabilir. Böylece kuram yanlışsa bu gerçeği ortaya koymanın mümkün olduğunu beklemek akla yakın olmalı. Öte yandan da daha sıkı inceleyerek kara deliklerin sayısını artıracak parametre değiştirme yolu bulamayacağımızı keşfedersek sanırım kuramı ciddiye almamamız için bir neden bulmamız zor olacaktır.

Son birkaç yılda kozmolojik doğal seçim önermeleri için birçok başka sınamayı inceledim. Bunların kimileri okurların çoğunu bunaltacak teknik ayrıntılarla dolu olduğundan üzerlerinde ekte duracağız. Okurlar orada kurama ilişkin tartışmalar, itirazlar, eleştiriler ve öneriler de bulacaktır.

Ancak, üzerinde durmuş olduğumuz olaylara bakınca kozmolojik doğal seçilimin öngörülerinin sınanabilirliğini, gökadalarda yıldızların ve kara deliklerin nasıl oluştuğuna ilişkin bir şeyler bilmeden tartışamayız. Dolayısıyla izleyen iki bölüm gökadanın ne olduğu ve nasıl işlediğine özgülenecektir.

GÖKADANIN EKOLOJİSİ

Hiç yıldızlara bakıp her birisinin ne kadar ayrı, ne kadar yalnız olduğunu düşündünüz mü? Gökyüzünün bu mücevherlerini birbirlerine bağlayan görünmez bir şey, bir gizemli doku yok mu? Hiç, kendinizi diğer sessiz yıldızlar arasında tek başına gezintiye çıkmış bir yıldız gibi hissettiniz mi?

Yıldızlarla dolu bir sonsuz uzay resmi, yıldızlar küresinin çökertilip, Bruno'nun, güneşlerle dolu sonsuz bir evren içeren mistik düşü, evrenin bilimsel resmi için bir zemin oluşturduğu Newton zamanından beri bizimle. Aynı zamanda atomculuk da canlanarak evrenin beş özen¹ yapıldığını söyleyen Aristotelesçiliğin yerine geçti. Atomculuğun ve sonsuz evrenin eşzamanlı doğuşu bir raslantı olamaz. Atomculuğun ana görüntüsü her biri ayrı ve ayrık atomlarla dolu uçsuz bucaksız bir uzay değilse nedir? Bunu düşününce maddenin atomcu resminin kozmosun Newtoncu kuramıyla içiçe girmesinin böyle şeyler üzerinde düşünmeye başladığımdan beri aklımda olduğunu farkediyorum. Aklımın gerisinde hâlâ, sanırım ilkokul öğretmenimin bize gösterdiğini sandığım atomun minik bir güneş sistemini andıran resmi duruyor, çekirdek minik bir güneş, elektronlar da gezegenler olarak.

Belki yalnızca bir diğer raslantı sonucu atomcu Newtoncu kozmos görüşünün popüler olduğu sırada, siyaset ve iktisat kuramcıları toplumu, her biri diğerlerinden aşağı yukarı bağımsız var olan ve davranan bir bireyler topluluğu olarak ele almaya başladılar. Bireyler toplumu fikri atomlar evreni fikrine çok benziyor: bireylerin önceden var olan toplum yasalarını kabullenip bir anlaşma yaparak diğerleriyle birliğe girerken, atomlar da Newtoncu kozmosun sahnesine diğerlerinin varlığından bağımsız olarak girip evrensel ve önceden konulmuş yasalara göre davranıp etkileşir.

¹ Toprak, su, ateş, hava ve esir —çn.

Ama yıldızların ayrı ayrı, her biri sonsuz uzayın derinliklerine diğerlerinden habersiz varlıkların topluluğu şeklindeki görüntüsünde çok yanıltıcı bir şey var. Aralarındaki büyük uzaklık uçurumlarına karşın evrenimizde tek başına bir yıldız, tek başına bir ağaç kadar olağan dışıdır.

İnsanlar yıldızların evrende tekdüze dağılmayıp da gökada dediğimiz büyük yıldız toplulukları halinde toplandıklarını ancak 1920'lerden sonra öğrendiler. Bir gökadanın bireysel yıldızların topluluğu değil de bir sistem hatta bir ekoloji olduğuna ilişkin bir görüş edinilmeye ise yeni yeni başlandı.

Yıldızları yalınmış olarak düşünmeye alışmışız, çünkü bize aralarındaki muazzam uzay derinliklerinin boş olduğunu öğrettiler. Ama bu doğru değil. Bunun yerine inanılamayacak denli yaygın bir ortam gökada diskinin çoğunu kaplıyor. Bu yıldızlararası ortam gaz bulutları ve tozdan oluşmuş olup gökadanın yaşamı için esastır. Yıldızlar ebediyen yaşamaz, doğarlar ve ölürler. İçinden doğdukları ve ölünce gövdelerinin büyük ölçüde geri döndüğü yer yıldızlararası ortamdır. Dahası, birazdan göreceğimiz gibi bu ortam yıldızların, içinden doğdukları toprak olmaktan fazlasıdır. Çünkü betimlemek üzere olduğum gibi, yıldızların çoğalma hızını belirleyen ve böylece görünüşte ebedi olan yıldızların daha bir fıkırdayan ateşleriyle gökadanın güzelliğini kesinleştiren şeyler, ortamdaki süreçlerdir.

Bu bölümde konunun ana çizgisinden ayrılıp gökadanın ne olduğunu ve nasıl işlediğini betimlemek için yolumuzdan biraz ayrılacağız. Bu, kozmolojik doğal seçilimi sınamaya ilişkin irdelemeleri tamamlamak için gerekiyor. Ama bundan da öte, gökadanın ne olduğuna ilişkin öykü; gökadayı bir makinadan çok kendi kendini örgütleyen bir sistem olarak görmeyi öğrenebildiğimizde evreni çok daha iyi anlayabileceğimiz fikrini kapsıyor. Astronomi öğrenmeye başladığımdan beri evrenin astronomi ve kozmoloji ölçeklerinde ne olabileceğine ilişkin beklentilerimi, gökadaların ne olduğu öyküsü her şeyden çok değiştirdi.

İlerlemeden önce bir uyarı: yıldız oluşumu konuları –süpernovalar, yıldızlararası ortam ve gökadaların evrimi– çok çabuk gelişmekte. Son yirmi-otuz yılda bu konulara ilişkin çok miktarda gözlemsel delil toplandığı gibi yakın gelecekte daha da çoğu-

nun toplanması bekleniyor. Gökadaların nasıl işlediklerine ilişkin kimi yönler hususunda bir ortak görüş ortaya çıkarken kimi kritik noktalarda da karşıtlıklar bulunuyor. Ancak, bu benim asıl amacım olmadığından burada yalnızca bu konuda güncel astrofizik yazınından seçme örnekler vereceğim.

Şimdi de parçası olduğumuz en büyük uyumlu sistem diyebileceğimiz bütün evrenden bir önceki yapının, gökadanın betimine bakalım.

Gökadalar bilinen en büyük ölçeklerden bakıldığında, evrenimizde maddenin önde gelen örgütlenme biçimidir. Gözlenebilen evrende bunlardan yaklaşık 10^{11} adet bulunurken her biri de aynı mertebede yıldız içerir. Büyüklükleri yüz bin ışık yılı kadar olup, aralarındaki tipik uzaklık bundan çok büyük değildir. Oysa yıldızlar birbirlerinden, büyüklükleriyle kıyaslanamayacak kadar çok uzak. Bu bakımdan en yakınımızdaki büyükçe bir gökada olan Andromeda, gökyüzüne güneş ya da ay kadar bir görüntü düşürürken, bazen çıplak gözle ancak görülebilir.

Gökadaların çeşitli tipleri bulunur. Bizimki, burada asıl ilgileneceğimiz spiral türden. Bunlar genellikle resimlerde gösterilenler olup şüphesiz bu adın verilmiş sebebi döngüsel görünüşleridir.

Spiral gökadaların hem yıldız hem de gaz ve tozdan oluşan bir yıldızlararası ortam içermesiyle başlayalım. Yıldızlararası ortamdaki maddeyi yıldızlara dönüştüren süreçler bulunduğu gibi, yıldızlardaki maddeyi de yıldızlararası ortama geri döndüren süreçler bulunuyor. Bir gökadanın ne olduğunu, özellikle de bunu bir sistem olarak anlamak, en başta yıldızlar ve yıldızlararası ortam arasındaki madde ve enerji akışını yöneten süreçleri anlamaktır.

O zaman bir gökadanın nasıl işlediğini betimlemek bir tür tavuk-yumurta problemini andırıyor. Çünkü yıldızlar açısından da baksak ortam açısından da bir şeyler kaçıracağız. (Aslında gerçekte bir tavuk-yumurta problemi yok; kesinlikle tavuklardan çok daha önce yumurtalar vardı.) Resim en berrak şeklini, gökaya durağan bir şey olarak değil de zamanda gelişen bir süreç olarak baktığımızda alır. Gökadada bir şeyler olması için geçen süreler insan ölçeğinde çok uzun gelebilir çünkü önemli süreçler on binlerce yıldan on milyonlarca yıla kadar süren dönemlerde olur. Ancak bu süreler bütün gökadanın on milyar yıl süren ömrüyle

kıyaslandığında kısa kalır. Bir yıldızın oluşma süresine gerçekten gökada ömründe bir gün denilebilir. Bir insan ömrü içinde günlerimizdeki değişimleri bir bireyin yaşamı olarak tanımlanabilecek bir biçime sokacak gibi yönlendiren bazı dengeleyici öğeler bulunmalıdır. Aynı şekilde spiral gökadalardan görünüşlerindeki kararlılık, geçici süreçlerden yavaşça değişen örüntüler oluşturan dengeleyici etkilenmelerin sonucudur.

Gökada gibi karmaşık bir sistemi betimlemedeki sorun, işte bu karmaşık oluş. Ancak, çoğu zaman, bildiğiniz takdirde görüntüyü basitleştirecek gerçekler vardır. Gökada durumunda yıldızlara ilişkin birkaç temel şey bilinmesinde yarar var. Bir kere yıldızların çeşitli kütleleri olabilir. Kütle, Güneş kütlelerinin onda birinden, en çok yüz katına kadar değişebilir. Bir yıldızın gökada sistemine katkı biçimi, başka her şeyden çok kütleline bağlıdır. Bunun birkaç basit sebebi var. Önce yıldızın parlaklığı kütleleriyle artar. Artış yaklaşık kütlelerin kübüyle orantılıdır. Yani kütlesi iki kat olduğunda parlaklığı sekiz kat kadar artacaktır. Daha da dramatiği, kütlesi Güneş'inin otuz katı olan bir yıldız neredeyse otuz bin güneş gibi parlar.

İkinci gerçek ise kütlesi ne denli çoksa yıldız o denli kısa yaşar. Bunun sebebi kütleleri çok olan yıldızların daha çok enerji yaymalarıdır. Enerji birikimleri daha çok olsa da çok çabuk tüketirler. Ömrün, artan kütleyle azalma hızı da epeyce dramatik, karesiyle ters orantılıdır. Yani kütlesi iki kat olan yıldız dörtte biri kadar yaşarken, Güneş'ten otuz kat daha kütleli bir yıldız binde biri kadar yaşar. Sayılara döktüğümüzde ise Güneş on milyar yıl kadar yaşarken, kütlesi otuz kat büyük olan bir yıldız on milyon yıl yaşayacaktır.

İşte kısa ömürlerinin sonunda süpernova olarak patlayanlar bu, çok büyük kütleli yıldızlardır. Böylece kısa süren varlığı süresince büyük kütleli bir yıldız çevresine muazzam bir etki yapar. Yanarken yıldızlararası ortama inanılmaz kadar büyük bir enerji akıtacaktır. Ardından ise daha da çok enerji aktararak patlayacak. Yıldız bu patlamayla kütlelerinin de çoğunu yıldızlararası ortama geri verir. Süpernovanın savurduğu malzemeler, kütleleri yıldızın başlangıçta olduğu malzemelerinkinden daha büyük olan –karbon, oksijen ve demir gibi– elementleri, daha büyük

oranlarda içermektedir. Sonuçta kara delik olacak olanlar işte bu çok kütleli yıldızlardır.

Her ne kadar böyle dramatik etkileri olsa da bu dev yıldızlara, kütleleri bizim güneşimizinkine yakın olanlardan çok daha az raslanır. Bu sırf, kütlesi büyük olanların daha çabuk yanıp gitmeleri yüzünden olmayıp, daha başlarken bunlardan çok daha azı yapılmakta.

Bu gerçeklerden, gökadalarn nasıl işlediğini anlamaya ilişkin birçok sonuç çıkarabiliriz. Bir kere büyük kütleli yıldızlar, yapıldıktan sonra görece kısa sürelerle görülürler. Yüz milyon yıl kadar bir süreyle –bu, bir yıldızın gökada diskini bir kez dolandığı süredir– gökadanın yıldız yapılmamış bir bölgesine bakıldığında yalnızca daha küçük ve uzun ömürlü yıldızlar görülecektir.

Bundan dolayı da gökadamızda büyük kütleli yıldızları görmemizin sebebi yıldız oluşumunun daha yenilerde olmasıdır. Bu temel önemi olan bir gerçek olup gökadamızda ve benzerlerinde sürekli olarak yeni yıldızların yaratılmakta olması demektir. Gökadayı oluşturan yıldızların tümünün gökada oluşurken yaratıldığı düşünülebilirdi ama durum böyle değil. Bu da gökadanın yıldız yapma hızının ne olduğu gibi temel soruları gündeme getirir.

Bu, gerçekten de büyük bir gizem. Doğru koşullar altında bir gaz bulutunun kendi kütleçekimle çökerek bir yıldız oluşturmaları on bin yıl kadar sürer. Öyleyse nasıl oluyor da gökadanın oluşmasından beş-on milyar yıl sonra hâlâ yeni yıldızlar oluşturacak kadar bol gaz kalıyor?

Aslında halen yıldız oluşumun çok az olduğu ya da hiç olmadığı birçok gökada var. Bu gökadalarn bütünüyle düşük kütleli, uzun ömürlü yıldızlardan oluşmuştur. Başlangıçta olabilecek büyük kütleli yıldızlar çoktan yanıp bitmiştir. Bu gökadalarda yeni yıldızların oluşabileceği pek bir şey yok, çünkü görünüşe göre bizimkinden ve de diğer spiral gökadalardakinden çok daha az toz içeriyorlar. İçerdikleri kadar gaz ise yeni bir yıldız için çökmeyi neredeyse olasılık dışı bırakacak denli ısınmıştır. Böylesi gökadalarn yeni yıldızların olduğu diskler ve spiral kollardan yoksundur. Bunlar, karşılıklı kütleçekimleriyle birlikte devinen eski yıldızların kabaca küresel topluluklarıdır. Bundan dolayı bunlara eliptik gökadalarn denilir.

Bu da yıldız oluşumunun gizemini artırır. Eğer yıldız oluşumunun içlerinde çoktandır durduğu gökadarlar varsa, spiral gökadarların özel ne yanları var ki bunların bugünlere değin görünürde sabit bir hızla yıldız oluşumunu sürdürmelerini sağlasın?

Öte yanda ise görünürde, içlerinde yıldız oluşma hızı, en azından kısa bir süre için bizimkinden çok yüksek olan gökadarlar da var. Bunlara yıldız fışkırtan gökada adı verilir. Bunların yeni yıldız oluşturma hızlarının ise pek uzun sürebileceği mümkün görünmüyor. Bunların varlığı spiral gökadarların gizemini daha da derinleştiriyor. Niçin spiral gökadar durağan ve orta karar bir hızla yıldız üretebilirlerken, diğer gökadarlar eldeki bütün gaz ve tozu silip süpüren yıldız oluşumu dalgalarına maruz kaldıktan sonra orman yangınına tutulmuş California yamaçları gibi çıplak kalıyorlar?

Bu soruları yanıtlamaya başlarken yukarıda sözünü ettiğimiz yıldızlara ilişkin birkaç temel gerçekten kimi basit sonuçlara varalım. Büyük kütleli yıldızlar bulundukları yörelerde ve sırf oluşmaları ile patlamaları arasındaki kısa sürelerde çevrelerinde olup bitene egemendirler. Bunlardan daha az bulunsa da parlaklıklarıyla daha küçük kütleli ve uzun yaşayan kuzenlerini sönük bırakırlar. Dolayısıyla da gökadanın, yenilerde büyük kütleli yıldızların oluştuğu yöreleri, yalnız daha yaşlı ve daha küçük yıldızların bulunduğu yerlerinden çok daha parlak ışıyacaktır.

Yıldız oluşumunun sürdüğü bir gökadaya bakarsak büyük kütleli yıldızların yeni yeni doğduğu yöreler, diğer bölgelerin yanında, karanlık bir gecedeki Noel ağacı gibi ışıldar. Gördüğümüz de tam budur. Çoğu gökada resminde görülen parlak spiral kollar tamı tamına yeni yıldız oluşumu olan yörelerdir. Parlak genç yıldızların aydınlattığı bu yöreler, spiral gökadarların adlandırıldığı karakteristik döngülü örüntüyü oluşturur.

Bu, gökbilimcilerin bildiği ama halka kadar süzülemediği görülen şaşırtıcı ve basit gerçeklerden birisidir. O gökada resimlerinde görülen güzelim spiral desenler aslında çoğu kez yıldızların bulunduğu yerler olmayıp birçoğunda yıldızların asıl dağılmış oldukları yerlere bakılırsa pek bir spiral desen görülmez. Spiral-ler yalnızca yeni yıldızların oluşmakta oldukları yerler. Bunun bir sonucu olarak spiral gökadarlar dönse de yıldız doğumunun izleri

olan spiral kolların gökadayla birlikte döndükleri doğru değildir. Bunun yerine gözlemlerden çıkan, bu kolların gökadanın dönme hızından daha yavaş bir şekilde gökadanın içinden geçerek çözülüp yenilenmekte olduğudur.

Bu daha da çok soruya yol açıyor. Yıldızların oluştukları bölgeler niçin spiral desenler yapıyor? Bu soru spiral gökadalarnın gizemini açıklığa kavuşturmanın kilididir.

Spiral gökadalara ilişkin harika şeylerden biri yıldız oluşturma bölgelerinin, bir spiralın temel desenini ortaya koyma biçiminin çeşitli değişik şekilleri olmasıdır. Bulutları gibi değişik tip morfolojileri var. Kimi durumlarda kuvvetlice simetrisi olan iki spiral kol bulunur. Kimilerinde ise pek spiral kollardan söz edilemeye de birçok gelişigüzel, spiral görünümlü parıldayan bölgenin uzandığı bir tür spiral pufluk görülür. Hep değilse de kimi zaman kısa bir dikdörtgen kalasa benzer bir yapıdan uzanan spiral kollar bulunur.

Tüm bu çeşitliliğe karşın spiral gökadalarnın hepsi için ortak, açıklaması zor olmayan temel bir yapı var. Gökadaya dışarıdan bakıldığında ilk göze çarpan, hep resimlerde görülen, yassı diski çevreleyen geniş, yıldızlardan oluşmuş küresel bir ayağıdır. Bu ayağı, küçükçe uzun ömürlü ve milyarlarca yıl önce yapılmış yıldızlardan oluşmuştur. Devinimleri gelişigüzel göründüğünden, pek bir toplu dönme yokmuş gibi görünüyor. Ancak, bu ayağı, gökadanın en sönük bileşeni olup gökadadaki maddenin çoğunu içerdiği sanılıyor.

Ayağın içinde gömülü görünen yıldız, gaz ve toz diski ayağın ekseni çevresinde yavaşça döner. Bu dönme kesinlikle gelişigüzel olmayıp, diskin her yöresinde yıldızların hızı genel dönme hızından en çok yüzde on fark eder. Diske ilişkin ilginç ve beklenmeyen gerçeklerden birisi, dönmenin topağı ya da atlıkarıncada olduğu gibi kaskatı olmamasıdır. Bunun yerine yıldızlar ve gaz bulutları merkezden uzaklıkları ne olursa olsun kabaca aynı hızla dönmekte, böylece de en dışakilerin bir tur tamamlamaları içtekilerden daha uzun süre almaktadır.

Spiral disk dönerken yıldızların hep eşit hızlarla gitmesi yirminci yüzyılın ikinci yarısındaki çarpıcı bilimsel keşiflerden birisidir. Bunun sebebi, sırf yıldızların hızlarını bilerek Newton

yasalarını kullanıp gökadamdaki madde dağılımını çıkarmanın mümkün olmasıdır. Bunun sonucunda gökadalara çoğunda madde dağılımının yıldızlar ve gazlarda görünenden çok farklı olduğu ortaya çıktı. Tipik olarak gökadamdaki maddenin yüzde 80-90'ının diskin ötesinde bulunduğu ve görülebilen yıldız ve gazlar gibi olmadığı saptandı.

Bu madde hakkında bütün bildiğimiz, ışığı ne verdiği ne de yansıttığıdır. Verilen adıyla, bu karanlık madde, yanıp tükenmiş yıldızlar ya da kara delikler, çok soğuk bir gaz hatta hepsinin bir karışımı olabilir. Daha da egzotik bir şey olabilir, nötrinolar ya da henüz keşfedilmemiş bir parçacık türü olabilir. Bir yerde eğer gökadalara nasıl oluştuklarını anlayacaksa ne olduklarını ve niçin orada olduklarını bilmemiz gerekir. Aynı zamanda, gökadayı bir arada tutmanın yanı sıra, karanlık maddenin spiral gökadalara nasıl işledikleri problemiyle ilişkili olma olasılığı pek yok. İnsanın artık yaşamayan yüzde 90-95'i bizim kim olduğumuzda etkindi ama gezegeni şimdilerde paylaşan hepimiz aramızda barışı sağlamanın bir yolunu bulmak için onları bir şekilde yoksamalıyız. Benzer şekilde karanlık madde, gökadanın tarihinin anlamamız için esas olsa da gökadanın değişik bileşenleri arasında bir dengenin nasıl kurulacağını anlaşılmaması için, kütleçekim etkisinin dışında yoksanabilir.

En öne çıkan şey ise, yalnız diskte bol bol toz bulunması. Bu toz, başlıca, yıldızlarda yapıp ya yüzeylerinden yıldız rüzgârlarıyla üfürülen ya da süpernovalarla yıldızlararası ortama fırlatılan karbon, silisyum, demir ve diğer elementleri içerir.

Yıldız oluşumunun milyarlarca yıldır sürdüğü düşünüldüğünde diskte şaşırtıcı bollukta gaz ve toz bulunuyor. Tipik bir spiral gökadamda -bizim Samanyolumuz gibi- diskteki maddenin en az yüzde onu gaz ve tozdur. Gaz diskte düzgün olarak dağılmış olmayıp daha çok, yıldızlar diskinin içinde yerleşik diğer bir ince diskin içinde toplanmış bulunmakta. Gökadayı bir yıldızlar topluluğu olmaktan çok öte yapacak süreçler işte bu diskin içinde süregidiyor.

Yıldızlararası ortamı olduğu gibi, yani sanki gökadanın atmosferiymiş gibi anlamak için ölçek kavrayışımızda can alıcı bir ayarlama yapmak gerekir. Yıldızlararası ortam inanılamayacak denli

seyreltik olup boşluk gibi bölgelerinde yaklaşık bin santimetre-kübe bir atom düşerken daha yoğun yerlerinde ise bir santimetre-küpde birkaç yüzle milyon arasında atom bulunur. Dolayısıyla seyreltikliği en çok olan bölgeden en az olana yıldızlararası ortamın yoğunluğu bir milyar kata kadar değişebiliyor, ama gene de bunların oranı hava ile taş arasındaki orandan çok daha büyük. Ancak, en yoğun yerleri için bile yıldızlararası ortam Yeryüzünde laboratuvar ortamı oluşturabildiğimizden çok daha iyi bir vakum.

Yıldızlararası ortama ilişkin kilit husus bunun –içinde kimyasal süreçlerin yer aldığı– gerçek bir ortam oluşudur. Ancak, bu süreçler seyreltiklik yüzünden iyice yavaşlamıştır. Yıldızlararası ortamdaki kimyasal süreçleri atmosferimizdeki süreçlere benzer tutmak istersek on bin yılı bir saniye gibi düşünmemiz gerekir. Başka deyişle yıldızlararası ortamı işlevsel yönüyle görmek istersek bunu büyük kütleli bir yıldızın, oluşumundan süpernovaya dek on milyon yıl kadar olan yaşam süresi ölçeğinde düşünmek zorundayız. Sonra da bütün sistemi anlamak için yıldızın ömrünü, on milyar yıl yaşayan ve birkaç yüz milyon yılda bir tur dönen gökadanın ömrü içinde bir gün gibi görmemiz gerekir.

Daha keskin olarak en iyisi yıldızlararası ortamı sırf spiral diskin atmosferi diye görmeyip buna atmosfer, okyanus ve kutup buzullarının karışımı olarak bakmalıyız. Çünkü yıldızlararası ortamda, gezegenimizdeki su gibi, buz su ve gazın benzeri, farklı fazlarda olabilecek maddelerden oluşmuş bulutlar bulunmaktadır. Ortamın birbirlerinden yoğunluk, sıcaklık ve bileşim bakımından dramatik farkları olan değişik fazları yan yana birlikte bulunurlar. Bu fazlardan birisi, içinde yıldızların olduğu soğuk ve yoğun molekül bulutlarından yapıldır. Bundan çok farklı olarak da elektron ve çekirdeklerin birbirlerinden ayrıldığı aşırı sıcaklıkta plazma var. Daha da farklı bir faz ise oda sıcaklığına kadar erişen ılımlı sıcaklıklarda oluşan, atomlardan meydana gelen gazdır.

Biraz ara verip, yıldızlararası ortamın epeyce farklı özelliklere sahip bileşenlerden oluştuğu gerçeğinin kayda değerliği üzerinde duralım. Şunu sorabiliriz: böyle farklı fazlar nasıl oluyor da uzun sürelerle bir arada kalabiliyorlar? Niçin karışmıyorlar? Niçin sıcak yerlerden soğuğa ısı akıyor? Madde niçin yoğun bölgelerden dışarı akıp çevrelerindeki uzayı doldurmuyor?

Bir gazın yoğunluk ve sıcaklığının tekdüze olması beklentimiz "artan entropi" yasasına dayanır. Bu ise dış etkilere yalıtılmış bir gazın denge durumuna gelmek zorunda olduğunu söyler. Yıldızlararası ortamda sıcaklık ve yoğunlukların büyük farklar göstermesi, ortamın dengede olmaması demektir. "Artan entropi" yasasının her yalıtık sistemde geçerli olma zorunluluğu ise yıldızlararası ortamın yalıtılamaması demektir, yani ortam dışında bir şeylerle ciddi ölçüde enerji ve madde alışverişi yapıyor olmalıdır.

Bu bir şeyler ise yıldızlardır. Ayrıntılara bakmadan bile ortamı denge dışı bıraktıracak enerji ve madde akışları olduğunu, yıldızlararası ortamın birçok farklı fazdan oluşma gerçeğinden çıkarsayabiliriz. Bu akışlar, bir enerji kaynağı tarafından sürülmelidir. Bu kaynak öncelikle şiddetli yıldız ışığı ve büyük kütleli yıldızların süpernovalarıdır. Demek ki yıldızlar ve yıldızlararası ortam birbirlerine gerçekten bir sistem olarak bağlıdır: yıldızlar, bu ortam tarafından, gücünü kendi ürettikleri enerjiden alan süreçlerle yapılıyor.

Yıldızlararası ortam termodinamik dengeden yalnızca uzak olmayıp, bu durumu hep sürdürüyor. Dev molekül bulutlarının sürekli olarak oluşup çözülmelerinden dolayı bu değişik fazlar arasında, küçük ölçeklerde bir sürü malzeme alışverişi olmaktadır. Ama oranlarının bütün disk üzerinden ortalamalarını alırsak, belirleyebildiğimiz kadarıyla bunların zamanla çok yavaş değiştiğini buluyoruz.

Peki, bir sistemin, hem değişik bileşenlerinin oranlarını kararlı hem de kendisini dengeden çok uzakta tutması nasıl olabiliyor? Bu, üzerinde geçtiğimiz on yıllarda kimyacı ve fizikçilerce genel bir bakış açısından durulan bir soru. Hâlâ gelişmekte olan bir konu olsa da soruya ilişkin genel bir düşünüş belirmiş bulunuyor. Kendilerini iyice denge dışındaki konumlarda tutabilen sistemleri özellikle iki nitelik belirler. Birincisine göre böyle bir sistem, değişik bileşenleri arasında malzeme dönüştüren süreçlerle nitelenmelidir. İkincisi ise bu süreçlerin hızlarının geribesleme düzenekleriyle belirlenme gereğidir. Bunlar değişik süreçlerin birbirlerini dengede tutabilmesi için gerekli olup böylece her bileşendeki madde miktarları zamanla değişmeyecektir. Her iki nitelik spiral gökadalarda süregiden süreçleri açıklamaktadır.

Astronomlar yıldızlararası ortamdaki malzeme türünün sayıları yediye bulan farklı fazlarda olduğunu saptamış bulunuyorlar. Bu karmaşık görünüyor, ama hatırlamalıyız ki gezegenimizdeki suyun rolünü betimlemek için suyun üç farklı fazını ele almalıyız: gaz, sıvı ve katı. Tıpkı bir su molekülünün Dünya'da zaman zaman bu fazlardan birisinde bulunması gibi gökadamdaki belli bir atom da zamanını yıldızlar ve yıldızlararası ortamın farklı bileşenleri arasında devrederek geçirir.

Sıcak plazma fazı birkaç milyon derece sıcaklıkta bulunabilir ama çok seyreltik olup yaklaşık bin santimetreküpde bir atom içerir. Sıcak plazmayı sıcak tutan nedir? Belki tahmin edebilirsiniz. Yanıt şu: ortamı bu sıcaklığa ısıtacak enerji süpernovalardan gelmekte. Her bir süpernova patlaması, ortama öyle çok enerji akıtır ki sıcak bir gaz bulutu oluşur ve çabucak genişlererek içinden geçtiği gazı ısıtarak elektronlarını soyar. Sonuç, çabuk genişleyen bir kabarcık olup karşısına çıkan malzemeyi de sürükleyerek ardında seyreltik ve çok sıcak bir plazma bırakır.

Yıldızlararası ortamı keşfetmemizin bu denli uzun sürmesinin bir sebebi, bu denli sıcak ve yaklaşık üç yüz ışık yılı çapında bir kabarcığın içinde oturuyor olmamız. Bu kabarcığın haritası çıkarılmış olup pek de düzgün olmayan bir biçimi olduğu bulundu. Bunu yaratan süpernovanın artığı olduğu sanılan bir nötron yıldızı da yakınlarda belirlendi.

Kendimizi böyle bir sıcak kabarcıklardan birisinin içinde bulmamızın olasılığı pek az değil çünkü bunlar gökada diskinin çoğu hacmini kaplar, belki yüzde 70 kadarını. Gökadamızda süpernovalar yaklaşık otuz-kırk yılda bir oluyor. Bunlar bu yöreleri sürekli tarayarak bütün yıldızlararası ortamı sabit basınç altında tutan enerjiyi sağlıyor.

Dolayısıyla soğuk, boş uzayın derinliğindeki sıcak canlı Dünya görüntüsü, ilk bölümde de söylediğim gibi, yalnız yanıltıcı değil düpedüz yanlış. Gökada diskinin hacmini dolduran ortamın çoğu, inanılamayacak denli seyreltik olsa da sıcak, hatta Dünyamızdan daha sıcak! Bunun ve ortamı ısıtıp özelliklerini güden süreçlerin önemini anlamak için içinde yaşadığımız koca sistem olan gökadaya bir göz atmaya başlamamız gerekir.

Ancak, uzayın büyük bir kısmı bu sıcak yörelerin içinde olsa da maddenin çoğu buralarda değil. Maddenin çoğu önceki bölümde üzerinde durduğum dev molekül bulutlarında. Gökadanın en soğuk yerleri olan bu bulutların sıcaklıkları mutlak sıfırın ancak on-yirmi derece üzerinde. Bunlar oldukça da yoğun olup santimetre kübünde bir milyona kadar atom içerir. Dolayısıyla bunlar diskteki malzemenin çoğunu içerseler de hacminin yalnızca yüzde birini tutarlar.

Dev molekül bulutlarındaki gaz, ağırlıklı olarak moleküller halindedir. Şüphesiz başat bileşen olan hidrojen de çoğunlukla iki atomlu moleküller halinde bağlı. Ama bulutlarda büyük miktarlarda karbon, oksijen, azot ve başka organik elementler de var. Karbonun bir kısmı toz zerreciklerinde bir kısmı da çeşitli organik moleküllerde bulunur.

Dev molekül bulutları gökadanın en tuhaf en tekil yapılarıdır. Her biri tipik olarak Güneş kütesinin milyonlarca katını içerirken onlarca ışık yılı çapında hacme yayılmıştır. (Kıyaslamak için Güneşimize en yakın yıldızın dört ışık yılı ötede olduğunu hatırlayalım.) Bulutun içinde madde düzensiz olarak yoğun öbekler ve telsiler halinde dağılmış olup her biri Güneş'in belki bin katı kütle içerir.

Yıldızlararası ortamda en çok rastlanan molekül karbonmonoksittir. Ama 1970'lerin kesinlikle en şaşırtıcı gelişmelerinden birisi kimileri yirmi kadar atomu bile olan çok çeşitli organik molekülün bulunmasıdır. Yıldızlararası ortamda altmıştan çok çeşit, farklı organik molekül keşfedildi; bunlardan kimileri amonyak ve çeşitli alkoller gibi çok bilinen organik maddeler. Yüzü bulan sayıda atom içeren moleküllerin de bulunduğuyla ilişkin tartışmalı iddialar da var.

Yıldızlararası ortamda bulunan organik moleküllerden çoğunun dev molekül bulutlarında da görülmüş olması hiç raslantı değil. Narin molekül bağları en iyi bu çok soğuk yerlerde korunur. Dahası, önce de üzerinde durduğum gibi bu moleküllerin, bulutların soğumasında büyük rolleri oluyor. Ancak, bu soğutma düzenekleri varken bile dev molekül bulutlarının, onları verdikleri ışıklarla daha yüksek sıcaklıklara kolaylıkla çıkaracak yıldızlarla çevrelenmişken bu denli soğuk olmaları çok şaşırtıcı. Bir gizemli durum da yıldız ışığı onları tutan narin bağları ko-

laylıkla koparabilecekken bu denli çok molekülün oluşabilmesi. Hatırı sayılır çoklukta molekülün oluşması ve de bu molekülle-
rin keşfedilebilmesi için kesinlikle bir şeyin bunları yıldız ışı-
ğından gölgelemesi gerekir.

Bu gölge, bulutlardaki tozlardan ileri gelir. Toz ışığı soğurur, böylece de toz bulutunun içindeki moleküller, onları parçalayabi-
lecek yıldız ışığından gölgelenirler. Tozlar, ayrıca görünürde mo-
lekülleri oluşturacak kimyasal tepkimeleri de katalizlemekte, zira tozların yüzeyleri atomlara derişme yeri sağlar.

Son yıllarda yıldızları dev molekül bulutlarında oluşturan süreçlere ilişkin tutarlı bir görüntü geliştirilmeye başlandı. Bu-
nun sebebi öncelikle yıldız oluşturan bölgelerin ayrıntılı göz-
lemlerini yapabilmenin mümkün olmasıdır. Kuramcılar bu delil zenginliğinden yıldız oluşumu süreci için kaba bir resmin par-
çalarını birleştirmeye başladılar. Her ne kadar kimi ayrıntılara ilişkin sağlıklı uyüşmazlıklar olsa da resmin kaba hatları belir-
ginleşmeye başladı.

Yıldızın oluşmasına götüren süreç, molekül bulutunun özellik-
le yoğun bir parçasında kendi kütleçekim etkisiyle oluşacak çök-
meyle birlikte başlar. Böylece oluşan kütleçekim alanıyla daha da
çok malzeme çekilmeye başlanır ve ilk öbek üzerinde toplanır. Bu
öbek büyüdükçe merkezin sıcaklığı yığılan maddenin ağırlığından doğan basınçla ısınır. Bir noktada sıcaklık ve basınç, hidro-
jenleri kaynaştırarak helyuma dönüştürecek çekirdek tepkimele-
rini tetikleyecek kadar artar. Sonuç, yeni bir yıldızın doğuşu!

Tetiklendiğinde yeni yıldızımız doğrudan görülemez. Çünkü hâlâ kütleçekim alanının toparladığı, tozdan kozayla kuşatılmıştır. Bu yeni yıldızın ilk yapması gereken şey bu maddeden kurtulmak-
tır. Yoksa, kararsız olacağı bir noktaya kadar kütlesi artmaya de-
vam edip hemen bir kara deliğe dönüşmek üzere çökecektir. Yıldız, bu işi çevresindeki bulutu ısıtarak yüzeyinden dışarıya doğru bir rüzgâr estirip yakınında biriken gaz bulutunu savurarak yapar.

Aslında yeni bulgulara göre, bulutu üfürüp savuran rüzgâr, yeni yıldızın kendisinden değil, çevresinde oluşmuş, fırıldayan bir madde diskinden gelmekte. Bu bulutları önemli yapan bir neden daha var: gezegenlerin, soğumakta olan bulutlardan oluştuğuna inanılmakta. Böylece bizimki gibi gezegenler, yıldızların hem ra-

himleri hem de beşikleri olan hep aynı gaz, toz ve organik molekül çorbasından oluşmuştur.

Dışarı esen rüzgâr, madde birikimini durdurur. Böylece bulut dağılırken, yoğun bulutun arkasında oluşan yeni yıldızla bir göz atılabilir. Bu arada, harika bir şey olur. Çöken gaz bulutunun geri kalanını sürüp atan, yıldızın çekirdek tepkimeleriyle yanmasının tetiklenmesinden başka bir şey değil. Çünkü sonuçta tipik yıldız kütlesi, hidrojenin yanıp helyuma dönüşmesini sağlayacak uygun kütle kadar olup, bu da güneşinki civarında. Böylece de diyebiliriz ki yıldızları oluşturan süreçler kendilerini öyle düzenler ki çoğu yıldız hidrojenin helyuma dönüşebileceği büyüklüğe gelir.

Anlamak isteyeceğimiz önemli bir olgu da küçük yıldızların büyük kütleli yıldızlardan sayıca çok daha fazla olması. Yalnız büyük kütleli yıldızlar kara delik olabildiklerine göre bunlardan niçin daha çok olmadığını anlamak önemli. Yanıtın tamamı bilinmese de büyük kütleli yıldızların çevrelerine hatırı sayılır etkileri olduğu biliniyor. Küçükçe bir yıldız –Güneşimiz kadar diyelim– yeni oluştuğunda, bulutun tam yıldız çevresindeki kısmı üfürülür. Ama bu bulutun, içlerinde yeni yıldızlar oluşacak başka yörelerini etkilemez. Yıldızlar tipik olarak sonuçta topluluk gibi oluşurlar; düzinelerce hatta yüzlerce yıldızın tümü, yıldızlararası ortamın aynı yoğun ve soğuk bölgesinde oluşur. Ama büyük bir yıldız oluştuğunda ise dışarıya öyle çok enerji üfürür ki içinde oluştuğu bulutu bütünüyle ısıtarak yıldız oluşturma sürecini durdurur.

Bunun bir sonucu da yıldız oluşturma sürecinin oldukça düşük verimli olmasıdır. Bir dev molekül bulutunun, ancak yaklaşık yüzde biri en büyük kütleli yavrusundan gelen enerjiyle ısıtılıp dağıtılmadan önce yıldızlara dönüştürülür. Bu, yıldız oluşumu sürecinin niçin uzun süre önce gökadamdaki bütün gazı yıldızlara dönüştürüp tüketmediğini her şeyden daha iyi açıklar.

Ancak, bu, büyük kütleli yıldızların yıldız oluşumu süreci üzerindeki önemli etkilerinden yalnız birisidir. Bunlar, onları doğuran bulutlarda yıldız oluşumu sürecini durdururlarken *yakınlarındaki dev molekül bulutlarındaki süreçleri de katalizler*. Bütün olayın anahtarı budur.

Dev molekül bulutundaki yoğun –yıldızların oluşmasından sorumlu– öbeklerin büzülmesi pek de kolay olmuyor. Bulut, olduğu

haliyle az çok kararlıdır, çünkü manyetik alanlar ve girdaplar gibi çeşitli etkiler bulutu karıştırıp taşıyarak kütleçekim kuvvetinin büzülmeye yol açmasını zorlaştırıyor. Dolayısıyla bir yıldızın oluşumuna götürmek üzere bulutun, herhangi bir dış kuvvetten bağımsız olarak kendiliğinden çökmesi pek sıradan bir olay değil. Bunun yerin, görünüşe göre en sık olan şey bulutun bir dış kuvvet etkisiyle çökmeye başlamasıdır.

Böylesi bir olayın bir sebebi, yakınlardaki bir buluttaki büyük kütleli bir yıldızın süpernova patlamasıdır. Bu daha önce de betimlediğim gibi, sıcak gaz kabarcığının yıldızlararası ortamda çabucak genleşmesine yol açar. Bu kabarcığın önünde *şok dalgası* denilen bir dalga oluşup karşılaştığı maddeyi iteler, tıpkı bir geminin pruva dalgası gibi. Dalga ilerledikçe bir diğer dev molekül bulutuna rastlayabilir. Sonuç epeyce dramatik olabilir. Dalga bulutu sıkıştırarak en yoğun bölgelerinin çökmesini katalizleyerek yıldız oluşturma süreçlerini aynı anda bulutun birçok yerinde birden başlatabilir.

Bu sürece, kendi kendini sürdüren yıldız oluşumu denilir. Soğuk ve yoğun gaz bulutları var oldukları kadar bunun, gökadamda yayılıp duracak bir etki olduğunu kolayca görüyoruz. Her adımda, on milyon yıl kadar önce doğmuş bir yıldızın süpernovası kendisini oluşturan bulutu dağıtarak yakınlarındaki bir ya da birkaç başka bulutta yeni yıldızların oluşumunu katalizleyebilir. On milyon yıl kadar sonra bu yıldızlardan birisi, süpernova olarak komşudaki dev molekül bulutlarından birisinde başka yıldızlar oluşmasını katalizleyecek ve bu sürecektir.

Bu, önceki bölümde işleme koyduğum hipotezin güdülemesidir. Süpernovalar olmadan kendini götüren yıldız oluşma olgusu olasılığı oldukça düşüktür. Şok dalgalarının süpernovalar olmadan da oluştuğu, bunun yerine büyük kütleli yıldızlardan ısıyan enerjiyle güdüldükleri durumlar olduğunu da söylemeliyiz. Ama eldeki deliller süpernovaların gerekli olduğunu, bunlar olmadan yıldız oluşumu sürecini yineleyecek yeterli enerji olmayacağını gösteriyor.

Bizimki gibi bir spiral gökadamda, bu süreç görünürde sürekli yinelenerek, yıldız oluşumu dalgalarının spiral gökada ortamını sürekli süpürmesine neden olur. Gökada diskinden akıp geçen

spiral desenler, artık yalnızca sürekli yenilenme sürecinin en görülebilen göstergeleridir.

Böylece gökada, görünüşte içinde yıldız oluşumu süreçlerinin kararlı bir enerji ve malzeme döngüsünün parçası olarak sürekli yer aldığı bir sistem hâline gelir. Yıldızlararası ortama ilişkin hiçbir şey bilmeseydik gökadar yalnızca durağan bir yıldız topluluğu olarak görünebilirlerdi, ama gerçekte bunlar bir ekosisteme çok daha yakınlar. Ayrıca spiral gökadar Dünya'nın biyoküresinden kesinlikle çok daha basit oldukları halde bunlar, aslında canlı bile olmayan en karmaşık doğal sistemler olabilirler. Dahası, bunlar ortalıkta, evren bunlarla dolu. En sıradan özellikleri büyük bir karmaşıklık ve güzellikteki koskoca kendi kendini düzenleyen sistemler olduğu kadar, evreni kaskatı bir dengede, basit, türdeş bir gaz olarak düşünemeyiz.

Bilimsel araştırmalarda her hipotezi icat etmeye izin olup, eğer bunlar çeşit çeşit, bağımsız ve geniş gerçeklik sınıfını açıklayabiliyorsa yere sağlam basan bir kuram mertebesine yükselir.

–Charles Darwin,

The Variations of Animals and Plants Under Domestication [Evcilleştirilen Hayvan ve Bitkilerdeki eşitlenmeler]

ON

OYUNLAR VE GÖKADALAR

Gökada diskinin yalnızca yıldızlar, gaz ve tozdan ibaret olmasına karşın, yukarıda gördük ki bunun bir ekolojik sistemin benzeri olarak düşünölmesi ilginç olabiliyor. Ama bu düşünöcenin yalnızca romantik bir fikir olarak kalıp kalmayacağını ya da gökadalaların fiziği üzerinde, canlıları anlamak için kullandığımız kavram ve araçlarla çalışmanın yararlı olup olmayacağını sorgulayabiliriz. Bu bölümde, bu soruyu yoklayarak, gökadalaları ekolojik sistem gibi bir şey olarak kavramanın onları daha derinden anlamada ne ölçüde yardımcı olacağını görmek istiyorum. Bu yaklaşım, kozmolojik doğal seçilim kuramını sınamada yararlı olacak. Zira, standart modelin parametrelerini değiştirdiğimizde bize kara delik üretimine ne olacağını söyleyecek, gökadanın işleyişi hakkında iyi bir kurama gereksiniyoruz. Ama bunun bile ötesinde, bir gökadanın gerçekten bir ekosistem olarak görölabilmesi, bu kitabın fizik, kozmoloji ve biyoloji arasındaki bağlantılarla ilgili daha kapsamlı temaları bakımından çok ilginç görünebilir.

Bir spiral gökada diskinin bir ekosistem gibi olduğuna ilişkin delilleri özetleyerek başlamak istiyorum. Disk, en başta yıldızlararası ortamda ayrıık fazlar bulunmasının gösterdiği gibi, sürekli olarak termal dengeden çok uzak bir durumdadır. Biyoküre için

olduğu gibi durağan bir denge dışı durum büyük enerji akışlarıyla sürdürülebilir. Akışlar yıldızlardan gelen malzemeleri yıldızlararası ortamın çeşitli fazları üzerinden döngüler içinde işleyerek geri dönmelerini sağlar. Akışları güden enerji, kendi yaratılıp yok edilmeleri de, döngülerin aşamaları arasında olan büyük kütleli yıldızlardan gelir. Büyük kütleli yıldızların üretimini katalizleyen toz ve organik moleküller de büyük kütleli yıldızlarca yaratılıp, sisteme güç sağlayan aynı süpernovalar tarafından dağıtılır. Yani hiç kuşku yok ki bir spiral gökada sistemi, tıpkı biyoküre ekolojisinin altında yatan genel türdeki gibi, enerji ve malzemenin kendi kendini katalizleyen döngüleriyle nitelenmekte.

Yıldız oluşumunu bir çekirdek reaktörünün gücünü sağlayan zincirleme tepkimelerin benzeri olarak düşünebiliriz. Bir çekirdeğin bölünmesinden salınan nötronların başka çekirdeklerin de bozunmasını katalizleme olanağı vardır, tıpkı bir süpernovanın büyük kütleli yıldızlardan daha çoğunu katalizlemesi gibi. Ama bir çekirdek reaktörü, durağan bir hızla çalışması için özenle düzenlenmelidir. Çok fazla nötron varsa reaktör patlar, yeteri kadar yoksa söner gider. Dev molekül yıldızlarının oluşması ya da süpernovaların patlama hızlarını neyin düzenlediğini –öyle ki bir spiral gökadamdaki yıldız oluşturma süreçleri her iki uca da uzanmasın ama durağan bir hızla kendisini yenilemeyi sürdürsün– anlamamız gerekiyor.

Bu gerçekten de bir spiral gökadanın ne olduğunu anlamak için kilit soru. Görünen evrenimizde yüzlerce milyar gökada var. Her birinin ise yıldız oluşumunun durağan bir hızla süreceği kararlı bir yapı edinmeyi başarması raslantı olamaz. Yıldız oluşumunun her birinde milyarlarca yıl sürmesi için ortamdaki gazın, yıldızlardan gelen malzemeyle yenilenme hızıyla, yıldızlara dönüşme hızını dengeleyen bir süreç olmalıdır. Bu harika bir şey olup kilit süreçlerin hızlarını düzenlemek ve bunları dengede tutmak için gökadanın bütünü üzerinden çalışan geribesleme süreçleri olmak gerektiğini öneriyor.

Gökadaların geribesleme süreçleriyle güdüldüğü kavramı saçma geliyorsa, her yıldızın enerji üretiminin bir termostat ile düzenlendiğini belirtmeliyim. Düzenek ise basitlikten başka bir şey değil. Yıldızın çekirdekssel yakıtını yakma hızı, merkezdeki gazın

basıncıyla orantılıdır. Ama yıldızda üretilen enerji, çekirdek tepkimelerinden çıkan fotonlar yüzeye kaçma yolu ararlarken gaza dışarı doğru bir basınç uygular. Bu da merkezdeki gazın basıncını düşürücü etki yapar. Sonuçta her yıldız, kararlı dengesini bu iki rakip sürecin dengelendiği yerde bulur. Yıldızların enerji üretimlerini durağan hızlarda tutması tıpkı bir termostat gibi çalışan bu süreçle olur. Enerji üretiminde artma olursa sonucunda basınçta azalma olur, bu ise yanmayı yavaşlatır. Yok enerji üretimi gevşerse basınç artacak bu da çekirdeksel yanmayı yeniden artıracaktır.

Gökada süreçlerini geribesleme süreçlerinin güttüğüne ilişkin en doğrudan delil değişik yönlerden gelen madde akışlarının yaklaşık olarak dengede olmalarıdır. Tipik bir spiral gökadamdaki gaz maddeden her yıl, tahminle, Güneş kütesinin üç ile beş katı arasındaki miktarı yıldıza dönüşmekte. Öte yandan yıldızlar, gene tahminlere göre bu miktarın en az yarısı kadarını yıldız rüzgârları ve süpernovalar aracılığıyla yıldızlararası ortama geri vermekte. Astrofizik ölçmelerine içrek olan hatalar düşünüldüğünde bu ölçmelerde yaklaşık bir uyum bulunduğu söylenebilir.

Gökadamızdaki yıldız oluşumu hızını güdebilecek geribesleme düzeneklerine ilişkin değişik birçok öneri yapılmıştır. Bilinenlerin son durumuna bakıldığında bunlar büyük olasılıkla asıl süreçlerin kimi karmaşıklığını dışarıda bırakıyor. Gökada süreçlerinin, canlı sistemlerin giriftliğiyle yakınlık olasılığı pek az olsa da bu süreçlerin denetimi için değişik uzay ve zaman ölçeklerinde, birçok farklı geribesleme düzeneğinin işlediği kesin görünüyor.

Böyle önerilerin en dikkate değerler olanlarından birisini Parravano adlı Venezuelalı bir astronom yapmıştı. Parravano'nun fikri, yıldızlararası ortamdan soğuk yoğun bulutlar oluşturma sürecinin, suyun buza yoğunlaşması gibi bir faz geçişi olmasına dayanmaktadır. Böyle bir faz geçişine ilişkin bir kilit husus bunun, tıpkı suyun donması gibi yalnızca belli kritik sıcaklıklarda olmasıdır.

Parravano'nun önerisine göre, spiral gökadalaların yıldızlararası ortamları hep kritik durumda olup dev molekül bulutları ortamdan yoğunlaşmakta. O ve meslektaşları bunun çok sayıda spiral gökadamda böyle olduğunun delillerini buldular. Bu şaşırtıcı bir bulgu olup doğruysa açıklama gerektirir. Bunun olasılıksızlığı tıpkı Dünya atmosferinin hep suyun donduğu sıfır derece Celcius

yakınında olması gibi. Akla yakın tek açıklama, gökadanın düzenecekleri arasında bir geribesleme süreci olarak bir termostat bulunup gökada koşullarını hep bu kritik durumda tutması.

Termostat bir evi sabit sıcaklıkta tutar, çünkü yapısında, sıcaklık düşerse ısıtmayı çalıştıran, yükselirse durduran bir süreç bulunur. Parravano'ya göre gökada termostatları da aynı şekilde çalışıyor. Isıtıcı rolünü sıcak genç yıldızlar oynuyor, çünkü bunlar yıldızlararası ortamı ısıtan şiddetli morötesi ışınlımlar salar. Yıldızlararası ortamın gazı termostat işlevi görür, çünkü ısıtıldıkça soğuk yoğun bulutların oluşumu zorlaştığından yıldız oluşumu yavaşlar. Daha az yeni yıldız yapıp yaşlı yıldızlar da öldüğünden ortam kısa sürede soğuyacaktır. Çünkü ortamı ısıtan sıcak yıldızların ömürleri çok kısadır. Ortam soğudukça da dev molekül bulutlarının oluşabileceği noktayı aşar. O zaman da daha çok yeni yıldız yapılır. Bunlar arasındaki büyük kütleli sıcak yıldızlar da ortamı ısıtır. Böylece başa döneriz. Sonuçta ortam bütünüyle, dev molekül bulutlarının oluşumuna geçiş yapılabilir kritik noktada kalır.

Eğer bu kuram doğruysa, her bir bulutun yıldız oluşumu sürecinde yitip gitmesine karşın niçin hep etrafta dev molekül bulutları bulunduğunu, böylece de yeni yıldızların sürekli oluştuğunu açıklar. Ama dahası da var. İçlerinde yıldızların oluştuğu bulutların niçin spiral desenler yapma eğilimi olduğunu hâlâ açıklamadık. Göreceğimiz gibi bu da geribesleme süreci sayesinde olmakta.

Söylenildiğine göre Japonya'da sörfçüler için kapalı havuzlar varmış. Bir ucundaki makine, havuz boyunca giderek diğer uca çarpacak dalgalar ürettiymiş. Bu çok eğlenceli olmalı, ama yaşamın birçok heyecanı gibi bu da mükemmel değil, çünkü diğer uca biraz erken varılsa kayma sona ermiş olacak. Daha iyi bir fikir havuzu halka şeklinde, yani sörfçüler için koşu pisti gibi bir şey yapmak. Dalga dolanıp duracağından istediğimiz kadar sörf yapabiliriz. Ne yazık ki bir sorun var. Her dalga, ilerlerken enerji yitirecektir. Böylece birkaç tur sonra sönüp gider. Süresiz sörf yapabilmek için makina sürekli dalga üretmeli, bunu da doğru yapmalıdır. Her tur sonunda gerekli enerji tam olarak verilmeli, bir tur boyunca yitirilenden ne biraz eksik ne biraz fazla. Eğer azını katarsa dalga sönüp gider, fazla katarsa da, bir şeyler bozulana dek zamanla artıp duracaktır.

Spiral yapıdaki sorunun bununla ortak yanı çoktur, çünkü yıldız oluşumu, gökada diskini sürekli tarayan bir dalga olarak düşünülüyor. Dalga merkeze işleyemediğinden disk, bulutların ve yıldızların dolandığı bir koşu pisti gibidir. Tabi gökada dışında dalgayı üretecek bir makina bulunmaması büyük bir fark. Gökada dalgayı bir şekilde üretirken, bunu, tam olarak gerekli enerjiyle sürekli besliyor olmalı ki dalga ne ölsün ne de denetimsiz büyüsün.

Pek çok spiral gökadada spiral yapı sadece yeni yıldızların oluştuğu yörelerin yaptığı desenlerin izidir. Yaşlı yıldızların dağılımına bakılırsa spiral kollar görülmez. Ama başka bazı gökadalarda, bunları tarayan ses dalgalarına çok benzeyen bir dalga gerçekten varmış gibi görünüyor. Bu gökadalarda spiral kollar, yalnızca yıldızların yapıldıkları yerler olmayıp, aynı zamanda daha çok yıldızın bulunduğu yerlerdir. Bunlar arasında en spiral türlerin en çarpıcıları bulunur: merkezden simetrik olarak uzanan, iyice belirgin iki spiral kol.

İlk önerilen spiral yapı kuramları bu tür, içlerinde ses dalgası gibi bir şeyin ilerlediği gökadalara uygulanmasını amaçlıyordu. Yıldız oluşumunun dalganın bir yan ürünü olduğu, geçerken bulutu sıkıştırdığı, bunun sonucunda da çöken bulutun yıldız oluşturduğu ileri sürülüyordu.

Bu, yoğunluk dalgası kuramı denilen açıklamadaki sorun halkalı sörf dalgası havuzumuzdakiyle aynı. Bir kere, dışarıdan bir şey dalgayı sürdürmeli. Yoksa birkaç tur sonra dalga enerji yitirerek sönüp gider. Kimi durumlarda yakından geçen bir gökada böyle bir dalgayı başlatacak darbeyi sağlayabilirse de bütün öykü bu olmaz. Çünkü komşu gökadalardan, etkileşmeleriyle spiral dalgalara yol açamayacak kadar uzakta olduğu pek çok spiral gökada var.

Spiral yapının daha yeni kuramlarına göre dalganın enerjisi gökadanın kendisinden geliyor; büyük kütleli yıldızların çok şiddetli ışınımlarından ve süpernova patlamalarından. 1970'lerde Mueller ve Arnett adlı astronomlar, gökadalarda dolanan dalgaların ses dalgaları gibi olmayıp, yıldız oluşumu dalgaları olduğunu önerdiler. Bunlar buluttan buluta kendi kendini yayan yıldız oluşumu süreçleriyle gitmeliydi. Ama böylesi bir süreç gerçekten kalıcı bir spiral yapıya götürebilir mi? Parlak yıldızlar ve süpernovalar, gökadada dolanan dalgalara tam olarak gerekli enerjiyi

nasıl verecek ki dalga uzun süreler boyunca ne ölsün ne de dene-timsiz büyüsün?

Spiral yapı problemine tartışmalı olsa da çok ilginç bir yak-laşım 1970 ve 80'lerde IBM'de çalışan Humert Gerola, Larry Schulman ve Philip Seiden adlı üç fizikçi tarafından tarafından yapılmıştı. Bunlar gökadalarda yıldız oluşumunun yayılmasını çok farklı bir olguya, bir virüsün, bulaştığı toplulukta yayılma-sına benzettiler. Virüslerin, yıldız oluşumu dalgasınıninkine benzer bir sorunu var. Eğer çok fazla kişiye bulaşıp öldürürse o da ölüp gider. Ama çok azına bulaşırsa gene ölüp gider. Virüsün bir top-lulukta sürekli yaşaması için yeni kurbanlarına durağan bir hızla bulaşmalı, bundan ne fazla ne de eksik.

Fizik sanatının büyük bir kısmı, ayrıntıları yoksama ve ana-lojiyle yol alma hüneridir. İyi bir fizikçi kimi zaman iki olgu ara-sında uzmanlarının hiç göremeyeceği ilişkileri algılayabilir. Belki de Gerola, Schulman ve de Seiden biyolog olmadıkları için gökada diskindeki gaz ve tozun Dünya'daki insan topluluklarına benzer olduğunu hayal edebilmişlerdi.

Tıpkı Dünya'daki toplulukların kentlerde ve köylerde yoğun-laşması gibi, gaz ve toz çeşitli büyüklüklerde bulutlarda birikmiş-tir. Analoginin özü, bir buluttaki yıldız oluşumunun, bir virüsün bir kente bulaşması gibi bir süreç olarak görülmesinde. Virüs kentten kente, yolcularla ya da salgından kaçan kişilerle gider. Benzer olarak, yıldız oluşumu da buluttan buluta, bulaşık bir bulutta yapılan yıldızların ürettiği enerjinin sonucu olan bir şok dalgasıyla taşınarak gider.

Her iki durumda da anlamamız gereken benzer bir soru var. Bulaşmanın bulutlar arasında yayılma hızı nasıl düzenlenmeli ki, uzun dönemde ne yok olup gitsin ne de çok fazla büyüyerek taşı-yıcılarını yok etsin.

Problemin çözümü, en azından virüsün bakış açısından birçok hususu kapsar. İlki her virüs kapanın ölmemesi, hatta hastalan-maması; ikincisi ise bir kimse hastalansa da hastalanmasa da bir kere kapınca bağışıklık kazanması. Bu, virüs için kötü görünebi-lerse de aslında bulaşmayı kısa dönemde sınırlayıp kapanların da dolayısıyla virüsün de uzun dönemde kalıcı olmasını mümkün kılan bu.

Bağışıklık varken kalıcı olmak için, virüs ilerleyip başka bir bölgeye bulaşmalıdır. Bağışıklığın hep sürmesi önünde sonunda virüs için kötüdür. Ama sürekli mutasyonla zaman içinde bağışıklıktan kurtulabilir. Bu kışın gribinden edindiğiniz bağışıklık sizi gelecek yılınkinden korumayabilir. Sonuç olarak virüs bir topluluk içinde yayılabiliyorsa yavaşça mutasyona da uğrayarak ebediyen yaşayabilir.

Öyleyse, virüsün kalıcılığının kilidi, kapacakların geçici bağışıklık kazanabilmelerinde. Bir gökadada yıldız oluşumu hep sürecekse analogiyle, bu durumda geçici bağışıklık gibi bir şey olmalıdır.

Gerola, Schulman ve Seiden'in kuramının özü, yeni büyük kütleli yıldızların, içinde oluştukları bulutu ısıtıp çözöştürerek malzemesini yıldız oluşturmaz hale getirmesi. Bunun etkisi yıldız oluşturma sürecinin sınırlanması olup böylece her bulutun yalnız küçük bir oranı yıldıza dönüşecektir. Ancak, gaz uzun bir süre sonra soğuyarak yıldız oluşturacak duruma gelecektir.

Bu basit fikirler çekici gelebilir, ama işe yararlar mı? Bunların, gökadada neler olduğunu gerçekten yakaladığını göstermek için, Gerola, Schulman ve Seiden, yıldız oluşumunu modelleyen ve birkaç çok basit kuralı olan nefis bir oyun yarattılar. Bunu yaparken, yaşam oyunu denilen bildik bir diğer oyunun, kurallarında bir iki değişiklik yaptılar. Matematikçi John Conway'ın icat ettiği bu oyun basit bir satranç tahtasında oynanıyor. Her bir karesi canlı ya da ölü olarak düşünülebilir. Oyun bir sıra adımla ilerliyor. Her adımda bir karar verilmek gerekiyor: izleyen kare canlı mı ölü mü olmalı? Bunun belirlenmesi için kimi basit kurallar var. Komşuları arasında canlı birkaç –ama çok değil– kare varsa, izleyen adımdaki kare canlı olmalıdır. Bu, bir tutulmanın yayılması gibidir. Kareler, kişiler canlı olacaklar da bunların içinde yaşayabilecek virüsler olarak düşünülebilir. Tutulmak için en az bir komşunun tutulmuş olması gerekir, ama tutulmaların sayısı çoksa bağışıklık da gelerek kapılmayı önleyebilir. Bu oyunun iyi yanı birkaç basit kuralla çeşit çeşit güzel yapılar ortaya çıkması ve bunların sürekli bir tür dans içinde görünüp yok olması.

Bir gökadanın nasıl işlediğini modelleyebilmesi için, oyunun kurallarında birkaç basit değişiklik yapmak gerekiyor. Tahta şimdi gökada gibi, dönen bir diskler halkası oluyor. Bir kare, canlı

olur olmaz belli sayıda adım için bağışıklık kazanıyor. En sonunda (belki de bunun pek önemi yok) kuralları olasılıkçı yaptılar, öyle ki tutulmuş bir komşusu, belli bir karenin de tutulma olasılığını artırabilecektir. Sonuçta, bu değişikliklerle ellerinde, tutulmuş olanların, dönen diskin çevresinde spiral desenler şeklinde sürekli gittiği basit bir oyun elde ettiler. Grip virüsü gibi, yıldız yapma bulaşıklığı da sürekli, gökada diskinin çevresinde giderken her zaman bir yerde var olacaktır. Halkaların dönme hızını gerçek gökadalarda görüleninkine uydurarak gerçek gökadalardan pek çoğunda görülen spiral desenleri oldukça iyi elde edebildiler.

Bu basit model, spiral gökadalardan ekolojisini iyi yakalamış görünüyor. En önemlisi, geribesleme süreçlerinin yıldız oluşumunu yönlendirirken nasıl davrandığını bize açıklıyor. Bu yönlendirmeye yıldız oluşma dalgaları ne sönüp gider ne de sınırsız artar, ama onu gökadede süresiz kalıcı yapmak için tam gereken hızla gider durur.

Kuramın fazla basit olduğu besbelli. Yıldız ve bulutların gerçek hareketlerini ve de aralarındaki kütleçekim kuvvetlerini göz ardı ediyor. O zaman da betimleyemediği birçok şey oluyor. Aralarında, yıldız ve gaz yoğunluklarının diski taradığı gerçek dalgalar içeren gökadalarda da var. Kuram, gökada ortamındaki görünürde devinen dalgalar olan büyük belirgin spiral kolları da açıklayamıyor.

Öyleyse bütün gerçek, hem yıldızlar ve bulutlar arasındaki kütleçekim kuvvetlerini hem de yıldızların oluşum sürecindeki dinamik etkileri içermelidir. Dolanan dalgalar gerçekten var, en azından kimi gökadalardan ortamlarında. Hem bunu hem de yıldız oluşumu süreçlerini düzenleyen geribesleme süreçlerini yakalamak için daha ayrıntılı modeller kurmaya gereksinim var. Böyle modeller yapılmıştır. Bunların belki de günümüze kadar yapılan en iyisi, gene bir IBM çalışanı olan Amerikalı astronom Bruce Elmegreen ile birlikte Danimarkalı Astronom Magnus Thomasson tarafından geliştirildi. Modellerinin parametrelerini ayarlayarak, daha basit olan Gerola, Schulman ve Seiden modelinde yakalanan geribesleme süreçlerini taklit edebildikleri gibi, her tür gökadedeki spiral kolların varlığını da açıklayabildiler.

Gökadalardan spiral yapılarının nedenlerini anlama girişimlerinin bu öyküsü fizikçiler arasındaki değişik açıklama tarzlarına ilişkin çok şey söylüyor. Daha eski, yoğunluk dalgası kuramlarıyla

Gerola, Schulman ve Seiden'in daha yeni kuramlarını karşılaştırmak çok ilginç. Her ikisi de büyük ölçüde fazla basitleştirilmiş olup her biri gerçek durumdaki karmaşıklıkların çoğunu atıyor. Yoğunluk dalgası kuramı süreçlerin tümünü –gökada disklerindeki yıldız oluşumu, gökadalara basit birer ortamlar olarak ya da içinde dalgaların gidebildiği akışkan olarak modellenmesi gibi– dışlıyor. IBM'deki fizikçilerin modeli farklı bir türden, tüm maddesel olguları –yoğunlukları, basınçları, sıcaklıkları– dışlayıp bunun yerine yıldız oluşumu sürecini, kesikli bir aç-kapa süreci olarak modelliyor.

İki durumda kullanılan matematik de ister istemez değişiyor. Birinci durumda madde, karmaşık diferansiyel denklemleri gerçekleyen yoğunluklar ve basınçlar gibi sürekli niceliklerle modelleniyor. Diğer model çok daha basit, yıldız oluşumu ya açık ya kapalı olan basit bir şeyle temsil ediliyor, tıpkı bir ampul ya da bilgisayar belleğindeki bir "bit" gibi. Gökada boyunca kimi basit kuralların yinelenerek uygulanmasından doğan bir süreçle yayılıyor, tıpkı bilgisayarda bilgi akışı gibi.

Bu iki kuramın, neyin iyi bilim olduğuna ilişkin zevklerin, bilgisayarların ortaya çıkmasıyla değiştiğini söylemek pek abartmak olmaz. Bir kuşak önce iyi denilen kuramlar, yoğunluk dalgası kuramı gibi, içinde sürekli niceliklerin doğrusal olmayan diferansiyel denklemlerle evrilenlerdi. Bu günlerde fizikçilerin ilgilendikleri kuramlar çoğu kez Gerola, Schulman ve Seiden'in oyununa benzer, denklem çözmek yerine on beş yaşındakilerin bile kişisel bilgisayarlarında programlayabileceği gibi basit kurallarla tanımlanıyor. Denklemleri çözmek zorunda olup sonra da çözümlerin anlamı üzerinde çalışmak yerine yalnızca bir program yazıp sonuçlarını da ekranda doğrudan sunulan desenler olarak görüyoruz. Bilgisayar ilginç bir şekilde, yalnızca insanların fikirlerle oynamasını sağlayan bir aygıt olmakla kalmayıp, kendisi de bir benzetme oluyor.

Dahası yeni modelin, biyolojik olguların bir benzeri olmaya dayanması gerçeği yalnızca talihin bir cilvesi değil. Bu yeni tür kurama ilişkin çekici –belki de ürkütücü– olan şey, biyolojik sistemlerle diğer karmaşık fiziksel sistemler arasında, eski tarz matematikle kolayca kurulamayacak tür analogileri nasıl önerdiği. Çünkü basit bilgisayar oyunlarının biyolojik toplulukları modelleyebilmesi sırf bir raslantı değil. Hem biyolojinin hem de bilgi-

sayar oyunlarının kilidi, yerinde ve basit kuralların, tekrar tekrar uygulandıklarında muazzam karmaşıklığı olan örüntülerin ve yapıların oluşmasına ve zaman içinde kendilerini üretmesine götürebilmesindedir. Bunlar genellikle, dalgaların akışkanlarda gidişlerini modelleyen tür matematikle yakalanması, olanaksız değilse de çok zor olan olgulardır. Ama hayat oyununu tanımlayan selüler otomata ve gökadanın spiral yapısının Gerola-Seiden-Schulman modeli gibi algoritmik sistemlerle betimlenen yeni matematiksel oyunlarla çok iyi belirtilebilmektedir.

Bu, tam bir anlayış için, eski matematik hiç gerekmez demek değildir. Bilimin büyümesindeki mantık, *VE*den çok *VEYA*'nın mantığıdır. Anlatmakta olduğum öykünün gösterdiği gibi, bu basit oyun çok şey yakalıyor ama dışarıda bıraktığı önemli olgular, daha eski çeşit kuramda daha basit şekilde yakalananlardan daha çok. Ama öyle bile olsa bilimsel zevklerin evrimi gibi basit bir sorunun ötesinde bu yeni ve eski usul matematikler arasındaki farkta dikkate değer bir şeyler bulunduğu inanıyorum. Diferansiyel denklemlerle temsil edilen eski usul matematik maddenin nerede olduğunun kaydını tutar; yoğunluklar ve akışlar gibi, sürekli fonksiyonların diliyle konuşur. Yeni usul matematik kesikli olup, açık ya da kapalı, canlı ya da ölü, bulaşmış ya da bulaşmamış olanların dilini konuşur. Bu, temel kelime dağarı düzeyinde, görece yoksullaşmış görülebilir, ama yapı ve düzenin eski, sürekli matematikte zor ya da olanaksız olan kodlanmasını kolaylıkla yakalıyor, çünkü bu bir içerik değil bilişim dilidir.

Bu yeni dilin içinde yapılanmış yeni bir modelin gökada boyunca yıldız oluşumu olgusunu yakalaması, biyoloji ve astrofizik olgularının arasındaki analojinin düzmece olmayabileceğini belirtiyor. Bu modelin başarısının anlamı aynı mantığın hem yıldız oluşumunun gökada diski boyunca yayılmasında, hem de bir virüsün bir toplulukta yayılmasında aynı mantığın egemen olmasıdır. Dolayısıyla bölümün başında sorduğum sorunun yanıtı "Evet"; biyoloji ve ekolojiden gelen fikirler bize gökada diskinde neler olduğunu anlamamızda gerçekten yardımcı olmakta.

Şüphesiz gökadalar için elde hazır bile olsa bu, doğal seçilimin ya da denge dışı sistemlerdeki kendiliğinden düzenlenmenin benzeri olan süreçlerin bütün evren ölçeğinde uygulanabileceğini

düşlemek çok daha büyük bir adım olacaktır. Ancak, son iki bölümde spiral gökadalara nasıl geliştiğini gösteren resim kozmolojik doğal seçilimin sınanabilirliğini büyük ölçüde kuvvetlendiriyor. Çünkü bu resim karşısında, parametrelerdeki küçük değişikliklerin ya yıldızlarda bol karbon üretimine ya da süpernovaları olmayan bir evrene götüreceği ve evrenimizdekinden çok daha az kara delik içereceği vargısından kaçınmak zor. Bu bize, yan etkileri hesaba katarak, bir parametredeki değişikliğin kara delik sayısını azalttığı altı olgu vermişti. Aynı zamanda da daha çok kara delik üretimi sağlayan hiçbir parametre değişikliğinden haberim yok. Birçok durumda da sonucun ne olacağını eldeki astrofizik bilgileriyle kestirmek olanaksız. Bu, olguların her biri bir öngörüye götürdüğünden gerçekten kötü değil: kozmolojik doğal seçim doğru söylüyorsa bunlar daha fazla kara deliğe götürmemeli.

Kuramın, bilgin içindeki, olabilecek tüm sınamalarının irdelemeleri eksiksiz olarak Ek'te verilmekte. Ayrıntılara aldırmayan okurlar için sonuç: daha az kara delik veren iki durum daha ve sonucun belirsiz olduğu birkaç durumla, başka öngörülere götüren diğer bazı durumlar. Ekte ayrıca önermeler için, birbirlerinden ve de özgün olanından öngörülerıyla farkedenden değişik kuramlara yol açmak üzere birçok evrilme yolu üzerinde de durdum. Gerçekten de bugün bildiklerimizin ışığında, kozmolojik doğal seçilimin yanlışlanabileceği biçimleri bile var. Kozmolojik doğal seçilimin, tüm bunların sonucunda açıkça bir bilimsel kuram olduğu anlaşılırken, sınanabilir olup birçok noktadan yanlışlanmaya hazır duruyor. Standart model parametrelerinin kökenine ilişkin pek az başka hipotezin sınanabilir öngörülere götürebileceği düşünülünce, bu ciddiye alınması gereken bir kuramdır.

Fakat kuramın ötesinde, eldeki bu doğal seçim mantığıyla kozmoloji ve parçacık fizikine ilişkin bir kuramın kurulabilmesi gerçeği, kendi kendini düzenleme fizikinin, gökyüzünde neler olduğunun anlaşılmasında gerektiği kadar yaşamımızın da bir parçası olduğu muazzam ekolojinin giriftliklerini anlamak için de gerekli olabileceğini öneriyor.

ÜÇÜNCÜ KISIM

KOZMOS'UN ÖRGÜTLENMESİ

Evrenin böylesi, zengin çeşitlilikte bir yapısı olması raslantı mı, zorunluluk mu? Evren neden çok ilginç?

*Yaşam, çimen yapraklarında
Sessiz övgü ezgisini gönderir
Ad konmamış ışıklara...*

–Tagore, Fireflies [Ateş böcekleri]

ON BİR

YAŞAM NEDİR?

18. ve 19. yüzyılın klasik fizikçileri evreni büyük bir saate benzetiyorlardı. Bununla önermek istedikleri ise her şeyin hareketin basit ve determinist yasalarına uymasıydı, tıpkı bir sarkacın tı-kırtıları gibi. Gerçekten de, doğayı en derinden anladıklarını sandıkları kısım olan hareket bilimine *mekanik* diyorlardı ki bu kelime makineler üzerine olan bilgilerle ilişkiliydi. Ama saat, onu yapan bir saatçi gerektirir ya, [20. den] önceki üç yüzyılın fizikçi ve filozoflarının çoğu evrenin akıllı ve ebedi bir Tanrı'nın yaratısı olduğunu hayal etmekte zorlanmıyorlardı. Belki de Newton'ın ardından gelenlerin birçoğunun, evreni bir mekanik saat gibi hayal etmelerinin dinsel bir fikir olduğunu önermek pek abartılı olmaz.

Ama evrenin bir saate benzetilmesinin ardında, neredeyse saklı olan üç görüntü olup, bunlar Newtoncu dünya görüşündeki eksikliklerinin tohumlarını içeriyor. İlk görüntü, Newton fiziğinin Eski Yunan bilimdeki köklerine işaret ediyor, çünkü bir mekanik saatteki karmaşık devinimler, basit dairesel devinimlerin birleşiminden oluşur, tıpkı evrenin Platoncu ve Ptolemaios modellerinde olduğu gibi. Sonra evrensel ve mutlak zaman kavramı geliyor. Bu ise Newton fiziğini bütünleştiren fikir olup, üzerini açtıklarının da anahtarını oluşturuyor.

Son olarak da, bu saat görüntüsünün hem hayal edilen mutlak zamanı hem de zıddını –yani ister çarklardan ister silisyumla yapılmış olsun önünde sonunda duracak olan, gerçek bir saati–

temsil ettiği bir durum bulunuyor. Gerçekten de Newton, gezegenlerin yörüngelerinde momentum yitirip helis çizerek Güneşe düşmelerinden kaygılanmıştı. Buna karşı da kozmik saatin ebediyen çalışması için de saatçinin zaman zaman inerek gezegenleri, yörüngelerinde kalmaları için azıcık dürtme gerekliliğini düşünmeye yatkındı.

Ancak çok sonraları, 19. yüzyılda, güneş sisteminin kararlı olduğu kanıtlandı. Ama aynı sıralarda da termodinamik bilimi doğup, artan entropi yahut düzensizlik yasasının sonucu evren[saatin]in gerçekten durma tehlikesi olduğunu öne sürüyordu. Bu yasa her sistemin önünde sonunda ısı dengeye gelerek her türlü yapının ve düzenli devinimin aşınıp gideceğini söyler. Bütün kozmosun ölümünün zorunluluğu –“evrenin ısı ölümü” denilen son- fikri de böylece doğmuş oldu. Bu fikir Newton ve çağcılarının döşedikleri yolun mantıksal sonunu temsil ediyordu. Yani Newton yasalarının betimlediği her evrenin son durumu çehresiz bir denge olacak, tüm değişiklikler ve yapılar –ve de tüm yaşayanlar- yalnızca olasılıksız ve geçici çırpıntıları temsil edecektir.

Aslında evrenin doğal halinin, Tanrı'nın akıllılığının zorlaması olmasaydı içine bozunacağı çehresiz bir kaos oluşu fikri, termodinamik ve mekanikten çok daha eskidir. Güneş sisteminin durmasına ilişkin kaygısıyla Newton eski bir kaygıyı ifade ediyordu. Bu fikrin kökleri ve de kozmolojideki güncel krize götüren şeylerin çoğu, daha evrenin ilksel bir kargaşadan doğduğunun kavranmaya başlandığı ilk anda bulunabilir. Platon'un *Devlet Adamı*'nda, Yabancı'nın Genç Sokrates'e evrenin nasıl yapıldığını anlattığı diyalogu dinleyelim:¹

... evrenin yöneticisi² dümeni bıraktı, olup biteni seyrettiği köşesine çekildi. ... Evren birdenbire büyük bir sarsıntıyla geri dönüp, baştanbaşa ters yönde gitmeye zorlandığı için ... büyük bir yer sarsıntısı oldu. Yeterli bir zaman geçtikten sonra kargaşa, karışıklık, yer sarsıntısı sona erdi. Dinginliğe kavuşan evren yeniden

¹ Behice Boran ve Mehmet Karasan'ın B. Jowett'in İngilizce, A. Diés'in Fransızca çevirilerinden aktardıkları Türkçesinden, çok az güncelleştirmeyle. [MEB Klasikler dizisinden, 1944. Ancak, Smolin'in alıntı yaptığı ve Türkçesini bulamadığım J. B. Skemp'in (Hackett Publishing 1992) İngilizce çevirisi bununla tam uyuşmuyor.] –çn.

² Skemp'in metninde buna “pilot” denilmiş –çn.

duruldu, her zamanki düzenli gidişine gene girdi. ... İlkin oldukça tam hatırlıyordu, fakat zaman geçtikçe belleği zayıfladı.

Peki bu zayıflığa ne yol açtı? Yabancı, söylemeyi sürdürüyor:

Bu zayıflamanın sebebi, evrenin yapısında maddenin bulunmasıydı. Bu, bugünkü düzene erişmeden önce karmakarışık olan ilk doğada vardı. Evrende iyi olan her şey yaratıcı tarafından gelmiştir, ama daha önceki bir durumdan kötülükler, kusurlar kalmıştır; bunlar ilkin evrene, ondan da hayvanlara geçti. Hayvanların yetiştirilmesinde evren Tanrı'dan yardım gördüğü sürece, kötülük az, iyilik ise çoktu. Tanrıdan ayrılıp evren kendi başına kalınca, ilkin her şey oldukça iyi gitti, ama zamanla unutkanlığı arttı, eski düzensizlik gene patlak verdi, bütün o ilk görkemiyle ortaya çıktı. Böylece iyilikler azaldı, evrene karışan kötülüklerse çoğaldı. Evrenin ve onda olan her şeyin baştan başa yok olması tehlikesi belirdi.

Bu, *kozmosu tersyüz etme mitosuyla*, asıl suç mahalline yaklaşmış olmuyor muyuz? Çünkü her şey burada. Bu diyalogda, Batı kozmolojisi ve siyaset kuramının birlikte ruh ve gövde, ebedi ve bozunan, dışarıdan zorlanan düzen ve içeriden üretilen kargaşa zıtlaşmasından doğduğunu görüyoruz. Ama belki de en ilginç, bu öyküdeki merkezi benzetmenin gökteki nesnelerin dairesel devrimlerinin sonsuz çevrimleri ile ezelden ebede ve sonsuz doğum ve ölüm çevrimini bağlamasıdır. O zaman da modern yaşam anlayışımızdaki en yeni şey evrim fikri oluyor çünkü bu, hayatı ezel-den ebede yinelenen çevrim olarak değil de sürekli yenilikler üreten bir süreç olarak görebilmemizi sağlıyor. Aynı şekilde modern kozmolojiye ilişkin en yeni şey evrenin de evrilmekte oluşudur. Hangi sorular açık kalırsa kalsın, gözlemler bize evrenin bir daha hiç dönmeyeceği bir durumda doğduğunu ve o zamandan beri evrimindeki her çağın biricik olduğunu göstermekte.

O zaman, en dikkate değer husus Platon ile Newton'ın kozmolojilerindeki ortak yanlardan birisinin, her ikisinin hem biyoloji hem de astronomi bakımından evrim kavramından yoksun olmasıdır. Geçmiş ve geleceğin birbirlerinden temelde ayrı olamadığı bir evrene çakılıp kalınca, zamanda doğup bağlanmış olarak anladığımız nesnelerin bunun yerine, şimdi nasıl zaman dışı zıtlık-

lar olarak kurulduklarını anlıyoruz. Böylece hem Platon'un mitosu hem de Newton'ın evreni ikicilikçi³ bir çerçeveye girmekte; bu çerçevenin içinde akli maddesel nesnelerin bir kargaşa içine çözülüp dağılmasına ebediyen karşı duran, evrenin dışındaki bir Tanrı bulunur.

Evrimsiz bir evrende bu ikicilik, kargaşaya gitme tehlikesine karşın, evrenin ebediyen sürüp gitmesi gibi neredeyse çelişik bir kavrayışa izin vermekte. Bu, gerçekten de, çözülmesi gereken bir problem. Çünkü evren kargaşa içinde ölmeye doğru ebediyen ilerliyorsa çevremizde niçin yaşam ve çeşitle dolu bir evren görüyoruz. Evrim fikri olmadan tek çözüm, çözülüp dağılmakta olan evreni, içinde kozmosun hep yeniden yaratılıp durduğu çevrimsel bir kozmolojiye gömmektir. Platon'un mitosunda, böylece her yeni çevrim,

"evrenin zor durumunu görüp, onu altüst eden fırtınayla her şeyin çığrından çıkacağından, sonsuz karışıklıklarla yok olacağından korkarak yeniden dümenin başına geç"en

"pilot" tarafından yürürlüğe sokuluyor.

Bu bilgi zemini verildiğinde Newton fiziğinin de evrenin çevrimsel olmasını gerektirmesini görmek hayranlık veriyor. Çünkü ebediyen sürecek bir Newtoncu evrende olabilecek her olgu, ne denli olasılıksız olursa olsun sonsuz kez tekrarlanmak zorunda. Bunu en iyi, içinde evrenin bulunabileceği yapıların sayısının sonlu olduğunu hayal ederek anlayabiliriz. Isıtılmayla atomlarda üretilecek gelişigüzel devinimlerin evreni bu yapılardan birisine yerleştirmesinin küçük bir olasılığı var. Ama evren bir kez bir yapıya geri döndüğünde, belirlenimcilik artık ilerlemesinin eskisi gibi olmasını gerektirir.

Dolayısıyla belirlenimci yasalarla güdülen bir atomlar dünyasında evreni, zaman zaman yaşamı olabilir kılan düzenli bir duruma geri döndüren pilotun rolünü tek başına oynayan, şanstır. Evrenin, şimdiki durumu gibi bir şeye geri dönmesi için gereken tek şey yeterli zaman. Çünkü her ne kadar böyle bir yapı çok olasılıksızsa da, bunun tek anlamı dengenin kargaşasındaki atomların gelişigüzel devinimleriyle daha az sıklıkta oluşmasıdır. Ama ebediyette her şey için yeterli zaman var.

³ Düalist -yn.

Atomculuğun zaferindeki işlevi herkesinkinden çok olan 19. yüzyıl sonları fizikçisi Ludwig Boltzmann, Newton yasalarıyla güdülen bir evrende yaşam gibi karmaşık bir olgunun doğmasının olağanüstü olasılıksızlığını çok iyi anlamıştı. Dolayısıyla onun çözümü ve de bir Tanrı'ya başvurmadan olabilecek gerçekten de tek çözüm, böylesi olasılıksız bir yapının ebediyette zaman zaman, dengenin bir tür kesilmesi şeklinde atomların gelişigüzel devinimi olarak ortaya çıkmasıdır. Bu manzarada yaşamımız, hem ölü dengenin normallüğinden geçici bir uzaklaşma, hem de hatta böyle bile olsa biricik olmanın vereceği vakurluğun yokluğundan dolayı önemsiz olacaktır.

Friedrich Nietzsche, kendi ebedi geri dönüş kavrayışını 18. yüzyıldan fizikçi Ruggiero Giuseppe Boscovich'in yazdıklarından çıkartmıştı. Boscovich, Boltzmann'dan bile önce Newton fiziğindeki belirlenimciliğin bir gerekliliğinin, evrendeki herhangi bir yapının sonsuz zamanın bir anında tekrarlanmak zorunluluğu olduğunun farkına varmıştı. Nietzsche'nin ve diğer geç 19. ve 20. yüzyıl filozoflarının nihilizmi ve yabancılaşması bütünüyle evrenin Newtoncu görünümünden bilinemez. Bunun kökleri, Platon'un zamanından beri Batılı zihinleri ele geçirmiş olduğu görünen akıllı ruh ve yozlaşmış maddenin ikicilikçi zıtlaşmasında yatmaktadır. Ama sanırım dünyamızın ölü ve saldırgan bir evrende yitik görüntüsü, kesinlikle tek sebebi olmasa da ufak bir ölçüde bu sınırlı yüzyılın sanat ve edebiyatını beslemiştir.

Bir fizik kuramının geçerliliği bize ne hissettirdiğiyle kesinlikle yargılanamaz. Aynı zamanda, iyi bir bilimsel kuramın, bize deney sonuçlarını öngörme olanağı vermesinin dışında evren için neyin elzem olacağı üzerinde neler düşündüğümüze ilişkin bir benzetme olarak da işlevi olabilir. Bir kuramın görgül geçerliliği sorununu merkezindeki benzeyişin tinsel sonuçlarından ayırabiliyoruz. Bunlar, benzetme bir yandan kuramın anlamına ilişkin anlayışımızı biçimlendirirken kuramın başarısından otorite kazansa bile aynı şey değil! Eğitimli gözlere çok güzel görünse bile Newton fiziğinin merkezindeki benzetme, içine uymadığımız ölü bir evren ortaya koyduğu için karamsar.

Ama Newton fiziğinin, içinde canlıların doğal bir yer bulacağı bir evreni betimlemekteki başarısızlığı felsefi bir sorun olmaktan

öte. Bu demektir ki kuram, yıldızların varlığına bir açıklama getirmekteki beceriksizliği kadar, bilimsel olarak da başarısız. Bu nedenle, saat evrenin, karanlık benzetmelerine –evrenin ısıt ölümü ve de ebedi geri dönüş– yol açan bilimin artık ölü olduğunu algılamak önemli. Bunun yerine yavaşça gelişerek, Newton fiziğinin yerini alan yaşama karşı saldırganlıktan çok konuksever bir evren görüntüsü sunabilir.

Aynı zamanda da gökadanın ya da bütünüyle evrenin tek bir canlı hücrenin örgütlenişindeki karmaşıklık ve giriftliğine uzaktan bile yaklaşılabileceğine inanmak için bir neden yok. Dolayısıyla sizi, istediği kadar çekici olsun, gökada ya da evrenden “canlı” olarak söz etmenin önerilmesine karşı uyarmak isterim. Bu, bilimi şiirden ayırmak istediğim anlamına gelmemeli. Aslında, böyle bir ayrılmaya olan eğilim, Platon ve Descartes’ın ruh ve zihni maddesel evrenden ayırmasının sonucu olabilir ki bu fikir birlikte geliştiği bilimle birlikte uygun şekilde ölebilir. Ama şiir ve benzer olarak bilim, sağlıklı kılınmak için hem tamlık hem de inceliğin ve karmaşıklığın değerini bilmek zorundadır. Öyleyse, evrenin canlı olması gibi en sonunda sıkıcı olacak bir önerme yapmak yerine sanırım asıl ilginç olan canlılarla kendimizi içinde bulduğumuz kapsamlı evrenin hangi özellikleri paylaşmış olabileceğini ortaya koymaktır.

Bunu yapmak yaşamın bir tanımını gerektirir.

Biyoloji ders kitaplarında, canlı bir nesnenin, metabolizmanın özelliklerini, üremeyi ve büyümeyi paylaşan bir şey olduğunu okuruz. Ancak böyle bir tanımın iki sorunu var. Bir kere hiç de pek içgörüsü yok, örneğin niçin böyle özelliklerin çoğu kez bir arada olduğunu ya da niçin bu özelliklerin evrenimizde bulunduğunu bize söylemiyor. İkinci sorun ise, tek bir organizmaya uygulanacak bir yaşam tanımının, evrenimizde tek başına bir canlının olabileceği gibi boş bir izlenim verebilecek olmasıdır.

İlk bölümde, soğuk ve ölü kozmosun ortasındaki sıcak, canlı Dünya görüntüsünü inceledik. Şimdiye kadar da bunun ne denli zırva bir fikir olduğunu kapsamını gördük. Yalıtılmış bir canlı için ise aynı sorunlar daha da yeğin ve apaçık olarak da geçerli. Gezegenimizde, kesinlikle çıplak bir adada yaşayan tek başına bir ağaç ya da hayvan görmeyiz. Gezegenimizde ya da yakınında bir

tür canlı içermeyen hiçbir yer bulamayız. Yani ölü olmadığını bildiğimiz tek gezegen, sırf birkaç köşesinde yaşamla süslenmiş bir kaya parçası olmayıp, canlılıkla kaynayan bir gezegendir.

Şüphesiz kendi gezegenimizde olandan başka bir yaşama erişimimiz yok. Ama tanışık olduğumuz türlerden hiçbir bireyin hiçbir gezegende yaşaması olanaksızdır. Bir gezegende yaşayan yalnız tek bir türün bulunmasını hayal etmek de hemen hemen eşit ölçüde olanaksızdır. Bunun sebebi her bir türün, biyokürede büyük çevrimler şeklinde malzeme dolandırılmasında önemli rolleri olmasıdır. Nefesimizle oksijen alıp karbondioksit veririz. Bitkiler ise karbondioksitteki oksijeni bizim kullanımımız için serbest bırakır. Bu temel nedenden dolayı bitkiler olmadan uzun süre dayanamayız, çünkü biyokürede şimdi bulunan serbest oksijenin hepsi onlar tarafından oldukça yakın zamanda üretilmiştir.

Bu sırf soluduğumuz oksijen için değil yediğimiz besinler ve atmosferdeki diğer gazlar –azot, karbon vd– için de geçerli. Bir bitki ya da hayvanın canı, biyokürenin içine gömülü olmadıkça işe yarar şekilde algılanamaz. Bu, yaşamın niçin var olduğunu fizik ve kozmoloji çerçevesinden anlama projemize yararlı olabilecek bir yaşam kavrayışıyla ilgileniyorsak, özellikle doğru. Eğer bir virüsün ya da mercan kabuğunun canlı olup olmadığını tartışacaksak, bireysel olarak organizmalara odaklanmış bir yaşam tanımı yararlı olabilir, ama projemiz için pek yardımcı olmayacaktır.

Bu gezegendeki yaşamın temelde karşılıklı bağlantılı bir sistem olarak anlaşılması bilimin büyük keşiflerinden birisini oluşturur, belki de doğal seçilimin keşfi kadar etkili. Bir bakıma doğal seçilim verilen bir türün bütün sistemle zaman içinde olan ilişkisinin nasıl olduğunu söylerken, ekoloji de diğer mevcutlarla nasıl bağlantılı olduğunu söyler. Biyoküreye ilişkin anlayışımız bazı bakımlardan hâlâ, James Lovelock ve Lynn Margulis'in Gaia hipotezi gibi oturmamışken yaşamın ne olduğu ve niçin var olduğuna bir anlam verebilmemiz için, hiç kuşkusuz bu gezegendeki yaşamı, karşılıklı bağlantılı bir sistem olarak anlamamız gerekir. Dolayısıyla gerekli olan, yalnız münferit organizmalara değil, yaşamın bu gezegen üzerinde bildiğimiz şekliyle bütününe odaklanan bir yaşam tanımı. Önerdiğim böyle bir tanım, bize biyoküre, gökada ve evrenin ortak yanlarının üzerinde durmamızı sağlayacak.

Burada önereceğim yaşam tanımını anlamak için önce termodinamik biliminin bazı temel fikirlerini anlamamız gerekir. Bunlar, entropi yani sistemin düzensizliğinin hep artması gerektiğini söyleyen yasaya götüren fikirler. Termodinamik, Kali'nin -Hindu ölüm Tanrıçası- bir tür bilimsel karşılığı gibi bir şey. Çünkü o, bilimin, yapılandırdığımız her şeyin ölmek gerekliliği ve geçiciliğini anlayışımız üzerine temellendirilmiş parçasıdır. Termodinamik aynı zamanda yaşamın da bilimidir, çünkü bize her şeyin düzensizliğe gitmeye olan eğilimini alt etmek için gereken koşulları da söyleyebilir. En genel şekliyle görüldüğünde termodinamik, evrendeki nesneler için hem düzenliliğin hem de düzensizliğin bilimidir.

Termodinamiğe ilişkin fikirlerin evrende yaşamın yerini anlamamıza olan faydasını canlandırabilecek basit bir örnek verelim. Termodinamik, Dünya gibi yaşamlı bir gezegenle Mars ve Venüs gibi ölü gezegenleri açıkça ayırt edebilir. Sebebi, Dünya'nın atmosferinin sürekli olarak iyice olasılıksız bir durumda, termodinamik dengeden çok uzakta olmasıdır.

Peki dengede olsaydı atmosfer neye benzerdi? Bulmak için şöyle yapılabilir: atmosferi oluşturan çeşitli elementleri alıp bir kabın içine sıkıca kapatarak kimyasal tepkimeler sistemi dengeye getirinceye dek bekleyelim. Bunu Dünya'nın atmosferiyle yaparsak denge durumunun soluduğumuzdan çok farklı olduğunu görürüz. Örneğin serbest oksijen olmayacaktır. Çünkü Dünya'nın atmosferinde bulunan gaz tepkimeye çok yatkın olup, böyle bir koşulda oldukları gibi kalamazlar. Özellikle oksijen, kendi başına kaldığında yüksek kimyasal oynaklığıyla karbon ve azotla yanıp karbondioksit, azotdioksit ve su yapar.

Öte yandan Venüs ve Mars'ın atmosferleri denge konumlarına çok yakındırlar. Çok farklı sıcaklık ve basınçlarda olmalarına karşın atmosferleri çok benzer gaz karışımları içeriyor. Dahası bu atmosferlerin ikisi de, Dünya atmosferinin dengede olabilecek haline benziyor. O zaman da Dünya atmosferinin niçin dengeye gelmiş olmayışı çok çarpıcı. Bundan çıkaracağımız da Dünya atmosferinin dengeden bu denli uzakta, böylesine kararsız bir durumda olmasını kalıcı yapan dış etmenler bulunmalıdır. Böyle etmenler var; bunlar biyoküredeki canlılardır. Çünkü biyoküredeki oksijen

karbon ve diğer elementleri sürekli tazeleyen büyük çevrimler **canlıların** metabolik süreçleri tarafından güdülmektedir. Bu çevrimler yaşamın bu gezegendeki başatlığının en büyük ve apaçık göstergesidir.

Bu basit ve güçlü usavurma bildiğim kadarıyla ilk kez, Britanyalı kimyacı ve Gaia hipotezinin mucidi James Lovelock tarafından ileri sürüldü. Kitaplarında okunabileceği gibi bu usavurmayı Mars yüzeyinde yaşam araştırması amaçlı NASA çalışmasına danışmanlık yaparken geliştirmişti. Bu bakış açısının bir sonucu yaşam araştırması için bir gezegenin yüzeyine gitmenin gerekli olmamasıdır. Bir gezegende yaşam varsa bu, atmosferinin ısı dengede olup olmadığını saptayarak kolayca anlaşılabilir.

Bu demektir ki güneş sistemi dışında yaşam olup olmadığını Dünya'yı terk etmeden araştırabiliriz. Bir gezegenden gelen ışığın tayfını elde edebilirsek, bunu çözümleyerek atmosferinin bileşimini bulup orada yaşam olup olmadığını hemen görebiliriz. Bu bir ham hayal olmayabilir. Yakınlardaki yıldızların çevrelerinde gezegenler bulunduğu göz önüne alındığında, çözünürlüğü çok yüksek teleskopların da planlandığı düşünülürse yakında yaşamın bu şekilde gözlenebilmesi hiç de olanaksız değil.

Şu da sorulabilir: bir gezegende azıcık yaşam olması, belki gezegene atmosferini yenileyecek denli egemen olamayacak birkaç bitki, birkaç hayvan ya da birkaç bakteri veya yosun mümkün mü? Gezegenin böylesi koşullarda kısa sürelerle bulunması mümkün olabilir mi? Ama evrim yaşamın, önünde sonunda elverişli her köşe-bucağa yayılacağını garanti eder. Tek gereken, her canlı hücrenin ortalamada birden çok yavru vermesi. Sırf bu verildiğinde bile topluluğun nüfusu üstel olarak öyle artar ki birkaç kuşak sonra elverişli her köşeyi doldurur. Doğal seçilimin esas düzeneği böylece azıcık yaşam içeren herhangi bir gezegenin durumunun geçici olmasını anımstırır: gezegenin herhangi bir kararlı durumu bütün gezegeni kapsamalıdır. Bu, Lovelock'un gözleminin özü olup yaşamın olması ya da olmaması ise gezegenin bütününe ait bir özellik olarak atmosferindeki kimyasalların karışımından kolaylıkla çıkarılabilir.

Buraya kadar söylediklerimizden yalnız bir adım ileride olduğundan Lovelock ve Margulis'in Gaia hipotezini bütünüyle değer-

lendirmek amacıyla bir an için yolumuzdan ayrılalım. En basit şekliyle bu, ilk bakteriler arasındaki doğal seçilimin, biyokürenin kimyasal çevrimlerinde oynadığı rollerle atmosfer ve okyanusların içeriklerini düzenleyebilecek kuşaklara götürebileceği demektir. Bunlar yalnızca onların iç kimyalarını düzenleyebilmekle –ki bunu her canlı yapar– kalmayıp, üç örnek vermek gerekirse atmosferde ne kadar oksijen olacağını da Dünya'nın ortalama sıcaklığını da okyanusların tuzluluk oranını da düzenler. Bu genel ilkedен, organizmaların biyoküreyi düzenlemek için nasıl davranabildikleriyle ilgili özgül düzenekler hakkında ayrıntılı varsayımlar çıkartmak mümkün. Bunlar, sınanma ve çürütölmeye açık birer iyi bilimsel varsayımdır. Gaia hipotezi gerektiği gibi bir bilimsel fikir olup mistikliğine ilişkin ithamlar ise kesinlikle yanıltıcıdır.

Benim anlayışıma göre bu varsayımlardan bazıları bugünlerde gözlem sınamasına –belki genel fikrin henüz tamamıyla onaylanma noktasına dek geldiği söylenemezse de– dayandılar. Böyle bile olsa teslim etmeliyim ki bu fikrin niçin bu denli tartışmalı olduğunu anlamakta zorlanıyorum. Bunun akla yakın olduğuna ilişkin birkaç hususa değinmek istiyorum.

Birincisi biyoküre koşullarının kararlılığı fiziksel bir bakış açısından etkileyici. Işın içindeki çevrim süreleri çarpıcı olarak daha kısayken, ortalama sıcaklığın, oksijen düzeyinin, okyanusun tuzluluğunun vb yüzlerce milyon yıldır kararlı oluşu açıklama gerektirir. Buna bir de Güneş'ten gelen enerjinin aynı dönemde yüzde 30 kadar değiştiği eklenirse kesinlikle, açıklanmak gerekli bir şey olmalı.

Böylesi denge dışı sistemlerdeki kararlılığın mümkün tek açıklaması, spiral gökadalardan disklerinkine benzer durumlardaki gibi işin içindeki çeşitli çevrimleri denetleyen geribesleme düzeneklerinin varlığıdır. O zaman da tek soru bu geribesleme süreçlerinin doğasıdır. Gaia hipotezine göre bunlar biyolojik organizmalarla ilgili olup, bunu eleştirenler öyle olmadığını savlamak zorundalar. Atmosfer ile okyanusların sıcaklık ve bileşimlerinin, yalnızca su ve kayalar gibi ölü nesnelerle ilişkili geribesleme süreçleriyle sürdürölmesi mümkündür. Ama bu böyleyse, bu süreçlerin biyokürenin koşullarını yaşam için en elverişli durumda tutmasının açıklanması gerekir. Bu olanaksız değil. Ne de olsa, kuşkusuz bir-

çok gezegen var, birkaçı da raslantıyla böylesine süreçlerle canlı nesneler için elverişli tutulabilir. Ama *a priori* olarak öyle görünüyor ki çevreyi bu gibi süreçlerle yaşama elverişli durumlarda tutacak geribesleme etkilerinin canlıların kendilerinden ileri geliyor olması aynı derecede akla yakındır. En sonunda ise bu en ekonomik ve zarif açıklama olmakta.

Gaia hipotezini eleştirenler bazen, evrilebilen mikroorganizmaların çevreyi düzenleyecek bir rol oynamalarının olanaksız olduğunu, çünkü bunu yüklenmeyecek olan diğerlerine kıyasla seçmece mahzurları olduğunu savlarlar. Bu eleştiri en çok saygı duyduğum evrim kuramcılarınca yapılırken, en sonunda ikna edemez ve toplu etkilerin doğal seçimde ne çapta bir rolü olabileceğini kavramayı, standart yeni-Darwinci paradigmada bile beceremez görünmekte.

Eleştiri, farklı genomların bağıl, seçici üstünlük ve sakıncalarını betimleyen “uyumluluk manzarasının” her bir türden bağımsız olarak bütün zamanlar için sabitlenmiş olması gerektiği varsayımına dayanıyor. Ama içinde her bir türün önceden var olan bir nişe bağımsız olarak uyumlanmak için evrildiği bu manzara, **kimi amaçlar için elverişli olsa da Gaia hipotezi gibi konularla baş etmek için fazla safiyane. Bunun yerine nişleri –ve de genel olarak çevre–türler evrilirken oluşturulur. Böyle bir durumda bir tür, uyumunda kimi diğer türlerin etkisi olmadan başkalaşamaz. Bunun sonucunda iki, birkaç ya da birçok türün birlikte evriminde toplu etkiler olabilir. O zaman da biyokürenin evrimini, birçok etkileşen bileşeni olan karmaşık bir sistemin kendi kendini örgütlemesi olarak anlamaya çalışmak doğal. Bu tür çok ilginç çalışmalar Per Bak, Stuart Kauffman ve arkadaşları tarafından yapılmıştı. Buldukları bazı şeyler Gaia hipotezi için yerinde olabilir.**

Çoğu tür, tükenmeden önce yalnızca sonlu bir süre etrafta kalır. Bazı durumlarda aynı nişi dolduracak yeni türler onların yerine geçer. Başka durumlarda ise nişler değişir. Önemli olan ise her iki durumda da diğer türler üzerinde bir etki olacaktır. Örneğin bir türün soyu tükendiğinde onu yiyenler, onunla yaşadıkları için büyük sıkıntıya düşerlerken onun yedikleri ise birden bire değişik bir duruma girerler. Birçok durumda hepsi budur, bu yokoluş yalnız birkaç başka türü etkiler. Ama kimi durumda birçok tür

etkilenecektir. Örneğin bu tür, diyelim oksijen gibi bir artık ürün ürettiyorsa, bu diğer türlerin yaşamı için gereklidir.

Bu ilişkilerin karmaşık ağındaki bu, başkalaşım ve yokoluşları modelleyen Bak, Kauffman ve diğerleri, toplu etkilerin yokoluş ve başarılı başkalaşımlara baskın olduğunu ve biyokürenin yalnızca tek bir bağlaşık sistem olarak anlaşılabilceğini buldular. Bu modellerin davranışları çok etkileyici. Bu sistemlerin zamanlarının çoğunu, farklı türlerin dengede olduğu kararlı kurulumlarda geçirdikleri görülmüyor. Zaman zaman bir tür tükendiğinde denge bozulur. Bunun sonucunda yeni bir kararlı kurulum bulunana dek bir başkalaşımlar ve yokoluşlar dalgası ekosistemi süpürür durur.

Böylesi bir evrimler dalgasında her sayıda tür bulunabilir çünkü bu kararlı bir denge bulunana dek sürecektir. Sürenin çoğunda, bir avcı ve avı arasındaki çekişmede olduğu gibi yalnızca birkaç tür bulunur. Ama seyrek de olsa türlerin doğum ve ölümleri çığ gibi bütün sistemi kaplayabilir. Böylece yeni bir dengeye erişilene dek türlerin önemli bir kısmı değişmiş olabilir. Bunlar, aralarında bütün çevrenin dengesinin yeniden kurulacağı olgular olabilirler.

Gaia hipotezi bu evrim görünüşüne doğallıkla uyar. Büyük bir evrim ve yokoluş çığı sırasında metabolik süreçleriyle biyoküreyi örgütleyerek kararlı yapabilecek türler için seçici üstünlük olacaktır. Böyle bir tür, ortaya çıktığında sistemin bütününün kararlılığına katkıda bulunabilir. Böyle yaparak, yokoluşların hızlı olduğu karasız dönemi sonlandırabilir, böylece de kendi kalıcılığına katkıda bulunur.

Vurgulamalıyız ki Per Bak, Stuart Kauffman ve meslektaşları bireysel bir türün klasik yeni-Darwinci düzeneklere göre evrileceğini yadsımıyorlar. Yeni olan ise, bir ekosistemde birlikte evrilen birçok tür varken eski türlerin yokoluş ve yenilerin çıkma hızı gibi şeyleri belirleyen yeni toplu etkilerin ortaya çıkması fikridir.

Evrimin bu görünümü için bazı deliller var. Bunlar, herhangi bir türün evrimsel geçmişine baktığımızda hiçbir şey olmayan ama pek çok değişimle noktalanan uzun dönemler bulunduğunu ima ediyor. Bu, kesintili dengelenmelerle olan evrim, asıl gözlenen evrim olup bir süre önce Niels Eldridge ve Stephen Jay Gould'un işaret ettiği gibidir. Bu yeni bakış bunun niçin böyle olduğunu açıklamakta. Sistem zamanın çoğunda bütünüyle kararlı olup her bir tür kendi

nişine iyice uymuştur. Böylesi kararlı dönemlerde başkalaşımaların ve yokoluşların başarılı olması pek beklenmez. Yalnızca birkaç ya da birçok tür, seyrek bir olay yüzünden bir kararsızlık sokulduğu sıralarda yeni bir kararlı denge oluşana dek çabucak evrimlenmektedir. Bu kuram, zaman zaman büyük değişim çığları olacağını da öngörmektedir. Bu da, çok kısa süreler içinde birçok türün tükenip birçok da yeni türün ortaya çıkışında gözlenmektedir.

Bu olaylardan birisi büyük bir meteorun Dünya'ya çarpmasına bağlanmaktadır. Bu, yeni görüşle tutarsız değil. Ama yenilik olan, böyle bir dışarıdan uyartma olmadan bile büyük yokoluş dalgalarının zaman zaman sistemi süpürüp geçmesi.

Bak, Kauffman ve diğerlerinin evrime küresel bakışla elde ettikleri, Gaia hipotezinin yalnızca tamamıyla genel bir olgunun –değişik türlerin birbirlerine bağlaşık olması– nadir ve aşırı olduğu bir kuramın başlangıcı olmasıdır. Bir aşırı uçta, altüst ettiği bütün sistemin kararlı denge aradığı ve birçok türün ortaya çıkıp yok olduğu nadir olaylar var. Bu sıralarda etkinlikleri çok sayıda diğer türü etkileyen türler ortaya çıkabilir. Diğer aşırı uçta ise evrim kuramcılarının inceledikleri ve kesinlikle çok daha sıradan olan avcı-av ve konak-parazit ilişkileri gibi iki türün birlikte evrildiği klasik durumlar bulunuyor.

Bu iki aşırı uç arasında az sayıda türün birlikte evrildikleri durumlar da olacaktır. Örneğin birçok türün, kararlı bir ortakyaşar ilişkiye erişmek için birlikte evrilebilir. Lynn Margulis böylesi olayların hem ökaryot hücrelerin hem de çok hücreli yaratıkların kökenlerini açıklayabileceğini önermektedir. Bu kuramlar çok nadir, afet gibi olaylarla birlikte evrilmenin daha sıradan olayları olarak yeni fotoğrafa doğallıkla uymaktadır.

Bu örnek bize, kendi kendini örgütleyen bir sistemle ilgilenirken yalnızca tek bir ölçekte incelemeye yetinemeyeceğimizi öğretiyor. Yalnız bir tek türe bakarsak gerçeğin yalnız tek bir parçasını yakalarız ama evrimin oluşma hızını belirleyebilecek toplu etkileri kaçıırız. Yalnızca en geniş ölçekten bakarsak gene öykünün bir kısmını yakalarız ama evrimin, kesinlikle her bir türün genomları düzeyinde olacak temel düzeneklerini de kaçıırız. Herhangi bir gerçekten ilginç bir sistemin bütününe gerçekten kavrayabileceksek bu yalnızca bize en büyüğünden en küçüğüne, mümkün her

ölçekte yer alabilecek ilginç şeyleri görmemize izin verecek bir bakış açısı bularak olacaktır.

Aynı ders, canlıların nasıl var olduğu sorusu için de geçerli. Yaşamın kökeni sorunu hâlâ çözümsüzken, ilk adım bir gezegenin kimyasının kendisini nasıl, hem de doğal seçim olabilecek gibi yeterince karmaşık birimler halinde örgütleyebildiğini anlamak olmalıdır.

Böyle bir kuramın temeli termodinamiğin kendi içinde olmalıdır. Sebebini görmek için geriye, evrenin ısı ölümü denilen tuhaf kavrama dönerek başlayabiliriz. Aslında artan entropi yasasının evrendeki her şeyin ölümünü gerektirdiğini iddia eden 19. yüzyıl fizikçileri hatalı olup evrende niye yaşam bulunduğunun anlaşılması için iyi bir başlangıç noktası, onların niçin yanıldığını anlamaktır.

Ana husus artan entropi yasasının yalnızca evrenin geri kalanından yalıtılmış –öyle ki ne enerji ne de madde alışverişi olabilecek– sistemler için geçerli olmasıdır. Artan entropi yasası sırf bu durumlar için geçerlidir. Gezegenimiz ise kapalı bir sistem değil. Enerji biyoküreye hep girer. Bu öncelikle Güneş’ten gelen ışık şeklindedir. Çıkışı ise uzaya ışıyan ısıyladır. Yaşamı mümkün kılan işte bu sürekli enerji akışıdır.

Bir enerji akışı herhangi bir kendi kendini örgütleme süreci için esastır. Çünkü nesnelerin her ölçekte, atomların gelişigüzel hareketlerinin etkileri yüzünden düzensiz olma eğilimi var. Bunun sebebi basit bir olgu: düzensiz atomlara, müsait olan kurulumlar, ilginç bir örgütlülükten çok daha fazladır. Her biri gelişigüzel devinen atomların bir topluluğunun örgütsüz bir duruma varması olasılığı, örgütlü bir duruma varmasınıninkinden çok daha büyüktür. Çünkü öncekilerin sayısı çok daha fazla. Örgütsüz durumun denge durumu olmasının sebebi işte bu. Çünkü bu duruma bir kez varıldığında sistemin daha örgütlü bir duruma dönme olasılığı çok düşük. Artan entropi yasasının özütü budur.

Canlılar DNA ve proteinlerinin dizilişlerinde şifrelenmiş bilgiye⁴ çok incelikli olarak bağlıdırlar. Bu atom kurulumları çok olası-

⁴ “Bilgi,” en azından Yusuf has Hacib’in *Kutadgu Bilig* kitabından öğrendiğimiz bir kelime olup aslında “bilgi”nin kökenidir. Bunu “information” yerine kullanmamak için bir neden yok. [Anılan kitaptan ilginç bir deyiş: “Biliglik

lıksızdır. Dengedeki bir atom topluluğunu kendi haline bırakırsak bir DNA molekülü bulmamız olasılığı iyice düşüktür. Bundan dolayı atomların gelişigüzel devinimleri DNA ve aminoasit dizilerini sürekli kırarak canlı hücrenin işlemlerini tehdit eder. Evrim her hücrenin DNA'sındaki bilgiyi yoklayıp onarma yollarını geliştirmiş olmasaydı bütün biyolojik evren, kısa sürede kargaşaya sürüklenirdi. Dolayısıyla canlı bir nesne durağan olamaz, kendisini sürekli yeniden yapmak ve onarmak zorundadır. Bu da sürekli bir enerji kaynağı gerektirir.

Herhangi bir sürecin, düzensizlik doğuracak gelişigüzel devinimlere olan eğilime direnmek için enerjiye gereksinmesi, genel bir durumdur. Bu nedenle hiçbir yalıtık sistem kendi kendine düzenlenmiş olamaz; bunun yerine önlenemez bir şekilde gelişigüzeğe ve dengeye koşarlar. Kendi kendini örgütlenme süreçleri, yalnızca içinde enerjinin durağan bir hızla aktığı bir açık sistemde kalıcı olarak düzenli kalması için doğallıkla ortaya çıkabilir.

Bir sistemi her enerji girdisinin kendi kendini örgütlemeye götürmeyecek olması da önemlidir. Enerji yararlı olabileceği bir biçimde ve ne fazla hızlı ne de fazla yavaş gelmelidir. Enerjiyi ısı olarak eklemek, yalnızca sistemin düzensizliğini artırmaya yarar. Bilgisayarımı fırına sokarsam ona bol bol enerji veririm ama sonuç onun düzenini bozar. Kendisini örgütlemesi için bilgisayarımın enerjinin belirli bir biçimde –belirli bir kablo ile gelen, belli voltaj aralığında uygun elektrik akımı olarak– gelmesi gerekir. Benzer olarak biyoküreyi ısıtmaktan başka bir şey yapmazsak onu öldürürüz. Güneş'ten gelen ışık kendi kendini örgütlenme süreçlerine yarıyor, çünkü ağırlıklı olarak organik kimyasal tepkimeleri uyartmak için tam uygun frekanslarda geliyor.

Ama enerjinin, örgütlemek için sisteme yalnızca doğru biçimlerde girmesi gerekmez. İşini gördükten sonra da çabucak çıkıp gitmesi gerekir. Karmaşık moleküllerin oluşmasını tetikleyen enerjinin bir kısmı molekül bağlarında tutuklanır, ama büyük bir kısmı ısıya dönüşür. Bu ısı biyoküreden çıkıp gitmelidir, yoksa sıcaklık artarak her şeyi dağıtıp öldürür. Böylece biyoküre yalnızca yakınında ona doğru frekansta fotonlar gönderecek bir yıldıza de-

bişi er, biligsiz er bişil" Nihad Sami Banarlı'nın *Resimli Türk Edebiyatı Tarihinden.*] –çn.

ğil, ürettiği enerjiyi göndereceği çok soğuk bir yere de gereksinir. Şansına yakınında böyle bir soğuk yer var: uzay.

İlk bölümde gördüğümüz gibi Dünya'da yaşam mümkün çünkü evrenin kendisi ısı dengede değil. Soğuk uzaya ısıyan sıcak yıldızlar var. Biyoküre kendisini örgütleyebilir çünkü kendisini bunların ortasında bulduğu gibi, yaşam için gerekli karmaşık molekülleri sürekli oluşturabilecek süreçleri güdecek enerji akışını dizginleyebiliyor.

Bu, bir fizikçi bakış açısından biyokürenin ne olduğunu ve evrende ne yaptığını anlamak için doğru yol. Yaşam, sistemden durağan bir enerji akışı olduğunda kendiliğinden ortaya çıkan kendi kendini örgütlenme süreçlerinin, belki de aşırı bir özel örneği olabilir. Bu düşünme zinciri, dengeden uzakta olan sistemlerin, içlerinde durağan enerji akışları olduğu için termodinamiğine dayanan bir kendi kendini örgütlenme kuramı bulunması gerektiğini öneriyor. Böyle bir kuram bize bu durumlarda zamanda durağan olarak, entropiden çok düzenlenme düzeyinin arttığını söyleyebilir.

Şüphesiz böyle bir kuram bütün öyküyü söyleyemez. Sistemin bir düzenlenme yetisi bulunmalıdır. Evrenimizde yaşam olanağı var çünkü oksijen, azot ve diğer organik elementler aşırı derecede büyük ve karmaşık moleküller halinde düzenlenebilmektedir. Bir denge durumunda bu kurulumlar aşırı derecede olasılıksız ama gene de mümkün olabilirler. Bir enerji akışının yaptığı oyunu değiştirdiğinden de, olasılıksızca yapılandırılmış olan kurulumlar olasılık kazanırlar.

Birkaç kişi, kendi kendini örgütleyen sistemlerin genel bir kuramının peşinde. En iyi bilinenleri Peter Bak, John Holland, Stuart Kauffman, Harold Morowitz ve İlya Prigogine oldu. Masaya böyle bir kuramda rol oynayabilecek birçok ilginç fikir konduysa da bu, tahminimce büyük keşiflerin henüz yapılmadığı bir konu. Biraz düşünerek görülebileceği gibi bu konu pek kolay değil.

Bir de örneğin şu sorun var: Basit fiziksel gerekçelerle Dünya'da niçin yaşam olduğunu açıklayan herhangi bir genel kuram kolaylıkla Venüs ve Mars'ta da niye yaşam olmadığını açıklayabilir. Onlara erişen enerji akışı bize erişenden pek farklı değil. Ya Venüs ve Mars'ta yaşamın başlaması için tam doğru koşullar olmamalı ya da yaşamın nerede başlayacağı ve serpileceği yeri belirlemek-

te tarih önemli bir rol oynamış olmalı. Hangisi olduğuna ilişkin hiçbir fikrimiz olmadığı gibi bu cahillik bize yaşam için gereken koşullara ilişkin henüz yalnızca tamamlanmamış bir anlayışımız olduğunu söylüyor.

Gene de doğru yönde adımlar olarak görünen bazı ilginç fikirler ortaya çıktı. Morowitz, Prigogine ve diğerleri içlerinden durağan enerji akışı olan sistemlerin genellikle dengeden iyice uzak durağan durumlara gerçekten erişeceğini buldular. Buralarda elementler hem uzaydaki hem de kimyasal bileşimleri bakımından gelişigüzelikten çok uzaktalar.

Bana göre Harold Morowitz'ın, örgütlenmenin kimyasal tepkime çevrimlerinin oluşumuyla doğduğunu ortaya çıkarttığı çalışması özellikle ilginç. Bu çevrimler enerjiyi sistem içinde, girdikleri durumdan çıktıkları duruma kadar taşıyorlar. Örneğin bir foton iki molekülü bağlayan bir kimyasal tepkimeyi katalizlediğinde biyoküre enerji soğuracaktır. Enerji, bir diğer tepkime onu salıverip sistemden kaçmasına yol açıncaya dek bağlarda tutulur.

Dolayısıyla moleküller bir dizi, böyle tepkimeler çevriminden geçerek eski hallerine dönmeliler, yoksa hepsi kullanılacak ve süreç sona erecektir.

Böyle çevrimler biyokürenin temel süreçlerinin altında yatarken yaşamın tüm temel öğelerini de içeriyor. Morowitz bu çevrimlerin yaşamın kendisinden daha temel olduğunu önerirken, içinden durağan bir enerji akışı olan herhangi bir kimyasal sistemde olacağını öneriyor. Ona göre bu çevrimlerin oluşumu biyokürenin, belki de proteinlerin ve nükleik asitlerin evriminden bile önce kendi kendini örgütlemesi için ilk adım olabilir.

Gerekli olsa da böyle çevrimlerin varlığı yaşamı açıklamak ya da nitelemek için yeterli olamaz. Örneğin malzemelerin sistemdeki çevrim hızını bilmenin hayati önemi bulunuyor. Canlılar yalnızca enerji ile karbon ve oksijen gibi temel elementlerin çevrimlerine değil, o çevrimlerin kırılgan iç örgütlenmeleri sürdürebilecek kadar çabuk ilerlemelerine gereksinirler.

Canlılar, kimi bakımlardan böylesi açık sistemleri nitelendiren enerji akışları ve malzeme çevrimlerinin en üstünde ortaya çıkan özge bir süreç tipidir. Yaşam, belki de evrimle bu akış ve çevrimler üzerinde ilerlemek için tıpkı dalga sörfçülerinin deniz

dalgalarındaki enerji akışı üzerinde gitmeleri gibi bir yol bulmuştur. Ama yaşam Gezegenimizde önceden var olan enerji ve malzeme akışlarının denetimini ele almış bulunuyor.

O zaman yaşama varmak için, açık sistemlerin kendilerini örgütlenme biçimlerine daha birkaç öge katmalıyız. Birincisi canlı organizmaların kendileriyle dış Dünya arasında keskin sınırlar olması. En küçük ölçekte her hücre, onun çevresiyle enerji ve malzeme alışverişi yapmasına izin veren bir zarla kaplanmıştır. Bu zar dengede ya da en azından dengeye çok yakın bir ortamda bulunan hücre içinin uzun bir süre ısı dengeden çok uzakta kalması için de gereklidir. Böyle bir engel olmasaydı sızıntı ve yayınımın ısı akışlarıyla hücrenin içi ve dışı arasında madde ve enerji karışmasına yol açarak onu öldürürdü. Ama hücrenin kendi çıkarı, yani içindeki yüksek düzeyli örgütlenme için, içi ve dışı arasındaki alışverişleri denetleme yetisi var.

Çok hücreliler düzeyinde ise, aynı amaca bütün organizma için hizmet edecek deri bulunuyor. Biyokürenin bütünü düzeyinde ise, onu yapan malzeme evrenin geri kalanından Dünya'nın kütleçekim alanının etkisiyle yalıtılmakta, bu arada atmosfer ve ozon tabakası onun dışarıdaki evrenle ısıyı alış verişini kısmen denetler.

İkinci husus ise, bir sistem durağan duruma erişecekse bir kararlılık olmalıdır, öyle ki enerji ve malzeme akışlarında küçük tümsekler malzemenin sistem boyunca olan çevrim biçiminde büyük değişiklikler yapamamalı. Bir sürecin kararlı olabilmesi için genel olarak, sistemi küçük tümseklerin etkilerini çevirip başlangıçtaki durumuna döndürme eğilimi olan geribesleme etkileri olmalıdır. Dolayısıyla geribesleme, dengeden uzakta, kararlı bir yapıya erişmiş açık sistemlerin hazır ve nazır ögesi olmalıdır. Bu, canlı organizmalar için kesinlikle olan şeydir. Çünkü tüm hücrelerin ve organizmalarının iç çevre düzenlenmesinin geribesleme döngüleriyle yerine getirildiğini biliyoruz.

Burada duraklayıp şimdiye kadar üzerinde durduğumuz ve canlı sistemlerin tüm özelliklerini taşıyan sistemlere bir ad verelim. Bunlara *kendi kendini örgütleyen, denge dışı sistem* demek istiyorum. Bu, ayırt edilebilir birer madde topluluğu olup, enerji ve mümkünse madde akışına yol veren farkedilebilir sınırları bu-

lunurken, termodinamik dengeden çok uzaktaki kararlı bir kurulumu iç süreçlerinin dinamik zaman ölçeklerine göre uzun zaman sürdürebilmelidir. Bu kurulum, madde ve enerjinin sistem içinde ve sistemle çevre arasında taşınmasını içeren çevrimlerinin etkisiyle sürdürülmektedir. Dahası, sistem küçük tedirgemelere karşı, döngülerin akış hızlarını düzenleyen geribesleme çevrimlerinin varlığıyla kararlı duruma getirilir.

Bu tanımın, canlı bir hücre, bir bitki ya da hayvan ve de bütününü biyoküre dahil, çeşit çeşit sisteme uygulanabileceği apaçık. 9. ve 10. Bölümlerde üzerinde durulanlara bakarak spiral gökadalara da böyle sistemlere benzediğine değinmek de ilginç olacaktır. Hem canlı sistemleri hem de hem gökadalara içerebilecek bir sistemler sınıfını tanımlamak da ilginç olur. Sanırım iyice aykırı iki sistemin böylesine çok sayıda özelliği paylaşması pek de önemsenmeyecek bir şey değil. Ancak, bunlardan dolayı da bu sistemlerin her özelliği paylaştıklarına inanmak gibi bir yanılgıya da düşmemeliyiz. Gökadalar kendi kendilerini örgütleyen yapılardır ama canlı değiller. Bir şeyin canlı olması için kendi kendini örgütleyen denge dışı bir sistemin parçası olması kesinlikle gerekir ama yaşamın, canlı bir hücrenin işleyişinde bilgi ve denetimin oynayacakları rolü göz ardı eden hiçbir tanımlı yeterli olamaz.

Yaşamı, Dünya'da gördüğümüz şekliyle tamamıyla nitelemek için tanıma, her biri DNA ve RNA'nın canlı hücrelerde oynadığı rollere bağlantılı üç husus daha eklemeliyiz. Birincisi canlı bir hücrede kimyasal tepkimelerinin oluşma hızları, proteinlerden oluşan enzimlerle denetlenir. İkincisi, enzimlerin sentezlenmesi belli nükleik asitlerin yapılarında simgesel olarak kodlanmış bilgiyle yapılıp denetlenmektedir. Üçüncüsü ise hücre kendi dölünü üretebilir, o zaman da onu kodlayan nükleik asitler kendilerini türetebilirler.

Bu durumda şu tanımlı yapabiliriz: *Canlı bir sistem,*

- A kendi kendini örgütleyen denge dışı bir sistem olup,
- B süreçleri, simgesel olarak saklanan bir programla denetlenir ve
- C kendisini, program dahil türetebilir.

Bunun gibi bir tanımın en çok beğendiğimi düşündüğüm yanı, bunun yaşamın varlığını fizikte –hem de tam fizikte, yani denge- den çok uzak termodinamikte– temellendiriyor olması. Aynı za- manda da canlıların, sırf denge dışı sistemlerin genel kuramı yardımıyla, en azından şimdilik anlaşılamayan özelliklerinin ne çapta olduğunu açıklıyor. Tanım, canlı sistemlerin hepsinin, kendi kendini örgütleme yetisi olan ama çoğunun canlıları nitelendiren harika örgütlenme düzey ve yapısına erişemediği sistemler sınırı- nda olduğunu da demeye getiriyor. Demek ki tüm canlı hücreler ve de tüm çok hücreli bitki ve hayvanlar bu tanıma uyuyor. Aynı zamanda da spiral gökadar A'ya uyduğu halde tanımın geri ka- lanına uymuyorlar.

Biyokürenin de bütünüyle bu tanımın hepsine uyup uymadı- ğını sormak da ilginç olabilir. A'nın yerine getirildiğini gördük. B ise aslında Gaia hipotezinin temel savıyla –yani atmosferle ok- yanusların bileşenlerini ve iklimi denetleyen mikroorganizmalar ı içeren dolayısıyla bu organizmaların genetik programlarının denetimi altındaki geribesleme etkileri olması– eşdeğerdir. C ise ilginç; başta biyokürenin kendisini bütünüyle türetmediğini söy- leme eğilimi gösterebiliriz. Öte yandan, gezegende bir biyoküre kurma etkisi yapacak mikroorganizmalar ve bitkiler götürerek “Mars’a yaşam kazandırın” önerileri de yapılmakta. Bu şüphesiz yıllardır bilim kurgunun temel öğelerinden birisi. Ama ciddi ola- rak ele alındığında belki de biyokürenin kendisini türetebilmesi –bizim aracılığımızla– için en azından kuramsal bir olanak bu- lunduğunu söylemeliyiz. Sanırım, bu olsa biyokürenin canlı bir sistemin tanımındaki koşulları yerine getirdiğini söylemek duru- munda olacağız.

Ya evrenin bütünü? Bu, çekici gelse de analojiyi evrenin can- lı olduğunu söyleyecek kadar zorlamaya uğraşmamız gerektiğine inanmıyorum. Tanımın birinci kısmına bakarsak evrenin bütünü- nü kendi kendini örgütleyen bir sistem olarak ele almak makul görülebilir; ama analojiyi, evreni canlı bir sistem olma noktasına dek iteklersek doğa yasalarını bir program olarak görmemiz ge- gerekirse de bunun ayakta kalacağını sanmıyorum. Çünkü bir kere, bildiğimiz kadarıyla doğa yasalarının bir bilgisayar programıyla benzer simgelerle gösterilebileceği hiç de akla yakın değil.

Bilgisayar programlarının bir özelliği bunları sonlu bir bilgi miktarı kullanarak ayrıntısıyla belirlemenin mümkün olmasıdır. Bu nedenle böyle sistemler "taşınabilir"dirler. Yani herhangi bir bilgisayarda herhangi bir düzeyde iyi gerçekleştirilebilirler, yeterli bilgisayarın belleği yeterli olsun. Genetik kodların kesikli olmasından dolayı canlı bir organizmanın genetik bilgiyi bir programla bilgisayarda temsil edilebilir. Ama bunun doğa yasaları için de doğru olması pek açık değil. Evet, küçük sistemlerin çok yüksek derecede yaklaşıklıkla bilgisayarlarda modellenebildikleri doğrudur. Bu, fizik yasalarının bilgisayar programları çerçevesinde yaklaşık temsillerini işin içine getirir ama bunun mümkün olması, doğa yasalarının bir bilgisayar programıyla istenilen ayrıntı ve kesinlikle temsil edilebileceğinin savı olmaz. Sonunda doğa yasalarının bir algoritmik sistemle temsil edildiği görülebilir, ama böyle olması gerektiğine ilişkin bir neden bilmiyorum. Dahası, Roger Penrose'un kitaplarında bunun olanaksızlığını gösteren çok ilginç sav da bulunuyor. Bu nedenle evrenin bütününe canlı bir sistem olmayı zorlamanın en azından olgunlaşmamış olduğunu düşünüyorum.

Elimizde yaşamın bir tanımı varken ilk bölümde ortaya attığım soruya dönebiliriz: Niçin evrendeki koşullar onun, içindeki canlılar için elverişli olmasına izin veriyor? Bu soruyu, tanımın farklı kısımlarına göre iki parçaya ayırabiliriz. Son iki husustan başlayalım: kesikli genetik bilginin kodlanma ve ifadesini mümkün kılan tüm girift düzeneğin varlığı karbon kimyasının çok büyük sayılarda karmaşık moleküllere izin vermesidir. Ama biz karbonun ve karmaşık kimyasının yıldız oluşumu sürecinde gerekli bir rol oynadığını zaten görmüştük. Dolayısıyla etkin bir yıldız oluşturma yetisi olan bir evrenin, kendi kendini örgütleyen sistemleri canlı sistemlere dönüştürmek için gerekli bileşenleri edinmek üzere olduğunu farketmek hayranlık verici.

Şimdi de tanımın ilk kısmına dönerek evrende, kendi kendini örgütlemiş denge dışı sistemler bulunması için ne gibi koşullar gerektiğini sorabiliriz. Yanıta gelince, ya varlıkları gelip geçici, böylece er ya da geç bütün evren dengeye gelecek ya da evrenin kendisi bütünüyle kendi kendini örgütlemiş denge dışı bir sistem. Bunun sebebi ise bir kendi kendini örgütleyen denge dışı sistemin, kalıcı

olarak ısı dengede olan daha büyük bir sistemin içinde bulunması olanaksızdır. Sebebinin anlamak zor değil. Kendi kendini örgütleyen denge dışı bir sistem tanımının bir kısmına göre, bunun içinden bir enerji akışı olmak gerekir. Enerji, sisteme kaynak diyeceğimiz dışardaki bir yerden girer ve gider dediğimiz yerden de çıkar. Şimdi, ısıya ilişkin temel bilgilere göre kaynakla giderin farklı sıcaklıklarda hatta kaynağın giderden daha sıcak olması gerekir. Bunun en basit sebebi ısının sıcak yerlerden soğuk yerlere akmasıdır.

Bu demektir ki kaynak ve gider ısı dengedeki tek bir sistemin parçaları olamaz, çünkü öyle olsaydı aynı sıcaklıkta olacaklar ve ısı akışı olamayacaktı. Bunun anlamı, kaynak ve gider bizim –kendini örgütleyen denge dışı– sistemimizi kuşatan çevrenin parçaları olduklarına göre çevrenin dengede olamamasıdır.

Bu, Dünya'daki her canlı organizma için geçerlidir. Yaşıyoruz, çünkü aldığımız enerji, ısıyı dışarıya bıraktığımız çevreninkinden daha yüksek sıcaklıktan geliyor. Bitkiler için bu enerji Güneş'ten gelirken, bu kaynak hayvanlar için canlı dokulardaki molekül bağlarıdır. Bu, biyokürenin bütünü için de geçerli. Onun varlık sebebi ise Güneş'in, ısı ışıması yapılan uzaydan çok daha sıcak olmasıdır.

Ama işin içinde başka şeyler de var. Kendi kendini örgütleyen denge dışı sistemlerin bir ögesini henüz hesaba katmadık, zaman! Denge dışı canlı sistemlerin tanımının bir kısmı bunların kendi kendini örgütlenmiş olma durumlarını uzun süre yürütmeleridir. Bu demektir ki kaynak ve gider yalnız farklı sıcaklıklarda olmayıp, bu sıcaklıkların çok ani değişmemesi gerekir. Yoksa sistemin örgüsü büyük olasılıkla çökecektir. Bu gene hem tek tek organizmalar düzeyinde hem de biyokürenin bütünü düzeyinde doğru olan bir şey. Bunların yerleştikleri denge dışı çevrenin keyfi uzunlukta sürelerle kararlı –ya da yalnızca yavaşça değişen– koşulları sürdürmesi zorunludur.

Bu, çevrenin keyfi bir denge dışı sistem olması yeterli olmaması demektir. Çünkü böyle sistemlerde sıcaklıklardaki, yoğunluklardaki vb. çırpıntılar tipik olarak çok büyüktür. Öyleyse çevrenin koşullarını kararlı yapacak bazı düzenekler olmalıdır. Bu, eğer çevrenin kendisi kendi kendini örgütleyen denge dışı bir sistemse oluşabilir, çünkü bunlar, sabit ve kararlı koşulları uzun sürelerle sürdüren sistemlerdir.

Dünya'daki canlı organizmaların durumu tam da budur. Ama ya biyokürenin kendisi? Biyokürenin daha büyük bir kendi kendini örgütlemiş bir sistemin içine yerleştiğini söyleyebilmek anlamlı mı? 9 ve 10. Bölümlerde kendimizi içinde bulduğumuz gökadanın da kendi kendini örgütlemiş bir sistem olarak düşünülebilmesi için iyi nedenler olduğunu bulmuştuk. Şimdi soruyoruz bunlar, Dünya'da yaşamın varlığı için bir bakıma esas olabilir mi? Tuhaf görünebilir ya bu sorunun yanıtı evet olabilir. Bir spiral gökada- da etrafta bol bol organik elementler bulunuyor. Karbon, oksijen ve yıldızlararası tozdaki sıradan elementlerdir. Gezegenimizde bu elementlerden cömertçe bulunması Güneş'in ve gezegenlerinin bunları içeren bir ortamdan oluştuğunu gösteriyor. Yıldız oluşumu sürecinin, spiral gökada diskinin kendi kendini örgütleme sürecinin parçası olduğu kadar, Dünya kendi örgütlenmesi için gereken organik elementleri onu oluşturan kendi kendini örgütlemiş daha büyük bir sistemden miras edinmiştir.

O zaman, yaşamımız kendi yerel ekolojilerden başlayıp gök- adaya değin ulaşan kendi kendini örgütleyen sistemler silsilesinin içine yerleşmiş görünüyor. Bu düzeylerin her biri varlıklarını, kendileri bir düzey üstlerindeki enerji ve malzeme çevrimleriyle güdülen kendi kendini örgütleme süreçlerine borçlu olan denge dışı sistemlerdir. O zaman bunun gökadanın öteye de uzanıp uzanmayacağını sormaktan kendimizi alamayabiliriz. Gökadamı- zın içinde oturduğu denge dışı bir sistem var olmalı mı? Evrenin bütünüyle denge dışı, kendi kendini örgütlemiş bir sistem olması akla yakın geliyor mu?

Özünde iki seçenek görünüyor. Evren ya uzun bir süre sonra tekdüze bir denge dağılımına erişiyor ya da erişemiyor. Erişiyorsa silsilenin bir noktasında dengede bir sistemle karşılaşmalıyız. O zaman da evrende yaşamın var olduğu zaman ölçeğinin denge dışı bir sistemin kalıcılığı ile sınırlı olması gerekiyor. Bu zaman ölçeği evrenin yaşına eşit olmadıkça ısı ölümü önünde sonunda olacak ve yaşama, kozmosun tarihinde geçici bir olgu olarak bakılmak gerekecektir.

Öte yandan evrenin dengeye gelmesine yetecek kadar zaman yoksa, bu durumda evrene kalıcı olarak kendi kendini düzenlemiş denge dışı bir sistem olarak bakmak yararlı olacak. O zaman da

evrende yaşamın bütün yaşamı boyunca bulunduğunu söylemek isteyebiliriz. Çünkü evren, kendisi bir denge dışı sistem olarak kendi örgütlenme süreçleri yoluyla yaşamın evrimine elverişli olacak koşulları yaratacaktır.

Evrende niçin yaşam bulunduğ u sorusu bu denge dışı evren önermesi karşısında eski dengedeki evren görüşünden daha farklı bir görünüme giriyor. Eski görüş e göre yaşamın varlığı bir anormallik ya da en azından muazzam bir olasılıksızlık, ancak istatistiksel bir şans raslantısı olabiliyor. Denge dışılık görünümü önermesinde ise evren kalıcı olarak denge dışı bir durumdadır. Böyle bir durum yaşamın evrende kalıcı olması için gerekli bir koşuldur. Bu görünümde canlıların, evreni her ölçekte –kozmosun bütününden gezegenlerin yüzeylerine dek– denge dışı kendi kendini örgütleyen sistemlerin temel özelliklerini kimi bakımlardan paylaştığını, başka bakımlardan da onlara uzandığını görüyoruz.

İzleyen bölümde, bildiğimiz kozmolojinin, bize evreni bütünüyle kendi kendine örgütlenmiş bir sistem olarak ele almamıza izin verdiğini göreceğiz. Göreceğiz ki, delillere göre bu şimdilik ortada. Ama yitirecek çok şey olduğundan soruyu incelemeye başlamak gene de önemli. En basit şekliyle, kozmolojinin dengedeki değil de denge dışı termodinamiğe dayanan bir görünümünü kurmak mümkünse, bu bize yaşamın varlığının kavranabilir ve doğal olduğ u bir görünümünü verecektir. Ama bundan da öte evreni bütünüyle bir –içinde, çeşit çeşit olasılıksız yapılar arasında yaşamın ta kendisi kalıcı olan, bir pilot ya da bir dış etmen olmadan– kendi kendini örgütleyen sistem olarak kavramak bize bilimsel ve en sonunda Platon’un mitosunun ardındaki sakatlayıcı ikilemden kurtulmuş bir kozmoloji kurma olanağı sunmakta. Açıktır ki, maddenin doğal durumu kaos ise evrenin düzen ve güzelliğini açıklamak için bir dış zekâ gerekir. Ama yaşam, düzen ve yapı kozmosun doğal durumuysa o zaman varlığımızın hele ruhumuzun, doğal olarak, doğa dışı ve ona karşı olarak değil de evren tarafından yaratılmasını sonuçta kavrayabiliriz.

İLGİNÇ BİR EVRENİN KOZMOLOJİSİ

Güzel bir yerde yaşamak hayatın büyük nimetlerinden birisi değil mi? Ve de güzellik, pek çok insanın güzel bir manzarayı –dağları ya da deniz kıyısını, hatta güzel bir kent panoramasını– seyretmek için koşullarının elverdiği ölçüde uzaklara götürecek kadar yeğin bir gereksinim olarak görünmüyor mu? Ama güzeli güzel yapan nedir? Bu manzaralarda bizi çeken nedir?

Estetikçi olmadığım için bu soruya tam bir yanıt vermeye çalışmayacağım. Ama bir manzarayı güzel yapan şeyin bir kısmı, kesinlikle bakacak öyle çok şey olması. Bir çölün yalın güzelliğinin ya da kimi modern sanatın müstehzi çekiciliğinin dışında güzel bir manzara bakışımızı uzun uzun alıkoyar ve oraya tekrar tekrar gitmemize değer, çünkü genel bileşiminden en küçük ayrıntısına değin her ölçekte hem yenilik hem de bütünle uyum görürüz.

Bildiğim en güzel yerleri düşündüğümde, bağıntıların yükselen ölçeğinin bütününde duran örüntülerin ve uyumun tekrarlanma yolları bana sürekli hatırlatılıyor. California'daki Big Sur'de¹ ilk görünen kıyının upuzun büklümünü, uzakta dağların yükselişi, sonra da sanki koyun nefes alıp vermesi gibi yavaşça ve görkemle yükselip alçalan okyanus dalgalarını görürüz. Ama bunlar plaja yaklaştıkça yükseltelerinden düşerken sabırsız ve ısrarlı kırılımlara küçülüp plajın içlerine doğru uzanan parmak parmak su akımlarına dönüşüyorlar. İnsan dakikalarca durup bu parmakların küçük küçük desenleri plajın uzaklarına ancak uzanarak kumlarda oyup bozmalarını izleyebilir. Bu motifin ölçek ölçek bütünleşmesi, kumlara girişleri, suların kabarıp çekilmesini izleyerek plajda gidip geldikçe uzayda olduğu kadar zamanda da sürmekte. Çok daha uzun sürelerde ise değişme de olur. Ayrıca mevsimden

¹ California'nın, Büyük Okyanus kıyısında denizden dağların birden yükseldiği bir kıyı bölgesi –çn.

mevsime dönüp bakanlar manzaradaki renklerin orada yaşayan yaprak ve çimenlerin doğup ölmesinin etkileriyle değiştiğini görürler.

Yani manzaradaki güzelliğin bir kısmı, görkemden miniğe her ölçekte ve saniyeden yıla dek her zaman aralığında bir şeyler olması, bir uyumun farkedilmesi ve bir yapının oluşma ya da bozulmasında.

Durum, Verona gibi güzel ve eski bir kent olan ve Romalıların oraya ilk ayak bastıkları günden beri serpilen bir kültür ve tecim merkezi için de böyle. Kenti tepeden gören bir bahçe ya da kuleden bakınca Adige nehrinin geniş kıvrımları görülür. Bu dirseklerde kentin farklı dönemlerde nerdeyse farklı uygarlıkların kurduğu değişik kısımları yuvalanmıştır. En çarpıcı yanı da, orta çağ kiliselerinden ve konaklarından güncel mağazalara ve ofis yapıtlarına kadar çatıların hepsini kaplayan kırmızı kiremitler. Aşağılara doğru zarafetle kıvrılan caddeleri görüyoruz; on farklı yüzyılda yapılmış, tarzları uyumla harmanlanmış evler. Ta ki bir kapı önünde ya da bir orta çağ duvarı karşısında durup çoktan Dünyasını değiştirmiş ustaların oymalarını ya da fresklerini görene dek. Derken bir galeri ya da butiğin kapısından girip bu tarihsel yerin güncel sakinlerinin ne gibi tuhaf beğenileri olduğunu görüyoruz.

Zıddına, o çok çirkin bulduğumuz insan yapması manzaraları, o gecekondı semtlerini, AVM'leri, müteahhitlerin kimliksiz apartmanlarını ya da şanssız ofis kulelerini ve ekonomik kılıklı post-modern otelleri hayal edin. Kesinlikle çoğunun yoksunluğu, geniş ölçekte ilgi çeşitliliği ve uyum olup pek çoğu birbirlerinin modeline ya da bilgisayar görüntüsüne benzerler. Bunların çoğunda plancılar tek bir ölçeğe göre davrandıklarından, görülebilecek her şey bir bakışta algılanır.

Yaşadığımız evren güzeldir. Bu, en azından kısmen, güzel bir manzaranın ya da güzel bir kentin böyle olmasından dolayı öyle. Çünkü değişik ölçeklerde kat kat olgu kendini göstermekte. Öyleyse evrenin niye güzel olduğu sorusu, gerçekten de niçin ilginç olduğu sorusuna bağlı. Çünkü daha önce de birkaç kez sordüğümüz gibi evren niye daha çok, bir uzay parçasını tekdüze dolduran gaz gibi yapısız ya da örgütsüz ya da güzelliksiz değil?

Gerçekten de, evrenimizde yalnızca çeşit çeşit ölçeklerde yapılar değil, *şimdiye dek incelediğimiz her ölçekte yapılar buluyoruz*. Bu hususu vurgulamak için evreni taradığımızı ve en küçüğünden en büyüğüne dek gözlemeyi becerebildiğimiz her ölçekte izlediğimizi düşleyelim. Evrenimizi kurduğunu göreceğimiz özel yapılar nelerdir?

Yukarı uçta yoklayabildiğimiz en büyük ölçekler yaklaşık yaramı milyar ışık yılı olup temel Planck uzunluğunun kabaca 10^{59} katıdır. Şimdiye kadar yoklayabildiğimiz en küçük ölçek ise proton çapının yüzde biri kadar yani 10^{18} Planck uzunluğudur. Dolayısıyla en küçüğünden en büyüğüne, bugüne dek inceleyebildiğimiz olgulardan bildiğimiz evren kırk bir büyüklük mertebesi kapsar.

Bildiğimiz en küçük şeyler kuarklar, elektronlar ve nötrinolar. Kuarklar proton ve nötronların içlerinde bulunurlar. Bunlar da bir arada yüz küsür değişik çekirdek oluşturur. Bunlardan yüz bin kat büyük olan atomlar ise ikiden milyonlarcaya kadarı birleşerek molekülleri oluştururlar. Canlı evrendeki yapılar moleküller düzeyinden organeller, hücreler, yaratıklar ve gezegenin bütününe varan düzeylere ulaşır. Kuarktan biyoküreye yaratıkların yirmi dört büyüklük mertebesini bulan sürekli silsilesini geçtik. Ama gidecek yolumuz hâlâ çok uzun.

En küçük yıldızların boyutları Dünya'nınkinin yirmi, en büyüklerin ise bin katı kadar. Yıldızlar gökadalarda örgütleniyor; bunların özel boyutları ise başladığımız ölçeğin 10^{38} katı. Ama yıldızlarla gökadalarda arasında, küresel topaklar² gibi birçok ara örgütlenme düzeyi var. Ayrıca yıldızlararası ortamda, yıldızlara yoğunlaşan yoğun göbeklerden bütün gökadanın spiral kollarına uzanan yapıları unutmamalıyız.

Bu bir son mu yoksa gökadalardan ötesinde de yapılar olabilir mi. Gökadalardan varlığının ortaya konulmasından sonra geçen yetmiş kadar yılın çoğunda kozmologlar bunların uzayda gelişigüzel dağıldığını varsaymışlardı. Astronomlar gökada yapılarının üç boyutlu haritalarını ancak son zamanlarda çıkartmayı becerdiler. Hayret verici sonuç ise tek tek gökadalarda ölçeğinin üstünde çok miktarda yapı olması. Hemen hiç gökada görülmeyen büyük boşluklar bulundu. Bu boşluklar kabaca bin gökada boyutunda,

² "Globular cluster" -çn.

yüz milyon ışık yılı kadar. Sonra da bu boşlukları ayıran gökadalardan yığıldığı koskoca tabakalar var.

Buraya kadar astronomlar, gökada dağılımında, harita çıkara bildikleri ölçeklerde yapılar buldular. Bu yapıların hangi ölçeklere uzandığı bilinmiyor. Ayrıca bu yapıların nasıl oluştuğuna ilişkin fikir birliği de yok ama bu, üzerinde halen sıkı sıkıya çalışılan bir konu oldu.

Demek ki artık yoklanabilen kırk bir büyüklük mertebesini kaplayan yapılar görmekteyiz. Şüphesiz hem yukarı hem aşağı uçlarda daha gidilecek yol var. Yukarı uçta görülebilecek en büyük yapı evrenin kendisi olacak. Bunun ölçeği, gözlemek amacıyla baktarsak ışığın, yani fotonların büyük patlamadan beri gittiği yol olarak alınmalıdır. Şaşırtıcı ama bu şimdi yoklanabilen uzaklıkların yüz katı kadar. Demek ki evrenin yapılı oluşu en azından gözlenebilir çapının yüzde birine kadar uzanıyor.

Evrenin en büyük ölçeklerdeki yapısına ilişkin bir kısım delil kozmik arda lan ışımasından geliyor. Bu bize ışı nımın üretildiği zamanı veriyor: evrenin ışığa saydam olacak kadar soğ udu ğ u an. Evrenin her yeri yüz binde bire yakın doğrulukla aynı sıcaklık t ay d ı. Bunlar kozmoloji için çok heyecanlı zamanlar. Bu, çok büyük ve neredeyse zıt iki buluş un arasına sıkış mış gör ün ü y ö r u z. Gökada ların dağılımında en az, gözlenebilen evrenin çapının yüzde birine kadar ölçeklere eriş en yapılar var. Ama evren ilk saydamlaşt ı ğ ında sıcaklığı yüz binde bire yaklaş an bir doğrulukla tekdüzeydi. Şimdiki ödevimiz ise evrenin evrimi için tüm bu delillerle tutarlı olacak bir tarihçe icat etmek.

Pek çok ölçekte yapıları olan bir evrende yaşı yor olmamız gerçe ğ i öyle sıradan ve öyle apaçık ki anlam ve önemini kaç ır mak çok kolay; nihayet, bilim insanları da hemen herkes gibi bizi her zaman çevreleyen şeylerden genelde bir hayranlık duygusu uyandıracak gibi esinlenmezler. Ama kozmosun kat kat yapıları y la karşılaşınca kesinlikle hayranlık duymalıyız. Çünkü fiziğin ve kozmolojinin parametreleri geliş iğ ü zel seçildiyse, bizimki kadar yapılı bir evrenin varoluş u olağanüstü olasılıksız.

Leibniz, sık sık yanlış anlaşı lan bir deyiş inde evrenimizin mümkün olabilecek en ilginç, en çeşitlisi olabileceğini iddia etmişti. Bir evrenin bizimkinden daha ilginç ve daha çeşitli ola-

bileceğini düşlemeye yetecek kadar bilgimiz kesinlikle yok. Ama bizimkinden daha az ilginç ve daha az yapıli evrenleri düşlemek inanılamayacak kadar kolay.

Bu [20.] yüzyılın büyük kısmında kozmologlar evrenin, tek tek **gökadaların** bir gazın atomları gibi alınabileceğı gibi çok geniş bir perspektiften bakıldığında yaratılıştan basit olduğı görüştündeydiler. Bu bakış, görünüşte büyüyen ölçekler keşfedildiğı kadar, gittikçe daha çok tehlikede. 1990'larda kozmolojideki kilit problem **gökadaların**, varlıkları kadar, uzayda oluşturdıkları desenlerin de başlangıçta öylesine tekdüze olduğı görünen bir evrende nasıl oluştüğünün anlaşılmasıydı. Burada da tehlikede olan, önceki bölümde gördüğümüz gibi yaşamın, kozmosun içkin ve zorunlu tezahürü mü olduğı, yoksa öbür türlü ölü olacak bir Dünya için geçici bir parıldama mı sorusuna ötesi olmayan yanıt mı olduğı.

Evrenin basit olduğı fikrinin kökleri yirminci yüzyıl kozmolojisinden daha derinlere, fiziğın kültürüne ve uygulamalarına kadar gider. Çünkü bilimin büyük gururu, yani doğanın anlaşılır oluşu; yeteri kadar küçük parçalara bakıldığında doğanın basit olduğı anlamı verdiklerinden çoğunlukla fizikçiler tarafından üstlenilir. Bundan da öte, fizikçilerin eğitimi, büyük ölçüde, ilgili birkaç basit ve başat kuvveti algılayıp bunlarla karmaşık olguları kolayca modelleyip kavramaktan ibarettir.

Bunu bir şakayla canlandırmak isterim, fizik öğrencisiyken birkaç kez duymuştum. Bir kuram fizikçisi ek iş diye bir mandıraya girer. Görevi süt üretimini inceleyerek geliştirme yolları önermek. Bir yıl uğraşıp birçok hesap yaptıktan sonra bir rapor hazırlar. Şöyle başlıyordu: "Küresel bir inek düşünün, yarıçapı R ve kütlesi M olsun. Ot yeme hızı sabit ve G olup, üretimi ..."

Şaka komikti, en azından fizikçiler için. Çünkü öğrenciyken öğrendiğimiz yol yordamın çoğı, problemlere, gerçek Dünyaya ilişkin olguları aşırı basitleştirerek basit, matematiksel denklemlerle betimlenecek kılığa sokarak girişmektir.

Belki ineğın M kütleli bir küreye idealleştirilmesi gülünç gelebilir, ama Einstein'ın 1916'da genel göreliliğı ona ilk uygulamasından beri kuramcı kozmologların evreni gördükleri şekil bundan pek farklı değıl. Sonuç ardı ardına gelen "kozmojji modelleri"

oldu. Bunlarda evren tam anlamıyla tekdüze olup ısı dengede bulunan gaz ve ışıınım olarak idealleştirilmekte. Böyle bir basit modelin avantajı bir gazın tekdüzeliğini bozmadan yalnız iki şey yapabilmesidir: genleşip büzülebilir, ısınıp soğuyabilir. Bu da evrenin hacim ve sıcaklığına karşılık gelen iki parametrelili bir matematiksel model vermekte. Böyle modellerle çalışmak kolay olup kuramsal kozmolojinin, Einstein'ın ilk kozmoloji makalesinden yenilerdeki şişme modellerine dek neredeyse hepsinin dayandığı temel çerçeveyi oluşturmaktadır.

Çevremize baktığımızda evrenin dengede bir tekdüze gaz olmadığını görebiliriz. Ama kozmologların çoğu, evrenin ağaçlar, yıldızlar ve gökadalara gibi yapıları olabilese de, ötesinde gökadalara tekdüze dağıldığı görülen bir ölçek bulunabileceğine inanıyor. Bu geleneksel bakış açısından evrende gözlediğimiz her yapının ikincil bir etki, aslında tekdüzeliği ile türdeşliği mükemmel olan bir evrendeki tedirgemeler ya da çırpıntılar olduğu söylenebilir. Modern kozmolojinin niçin yapı yerine tekdüzeliği önde tuttuğunu anlamak için modern kozmoloji modellerinin ana çizgilerinin yüzyılımızın [20.] ilk çeyreğinde Newtoncu ve modern fizik arasındaki geçiş döneminde çizildiğinin farkında olmak önemli. Böyle olunca da modern kozmoloji, 19. yüzyıl fiziğine, ilk başta düşünülebileceğinden daha çok şey borçlu olmalı. Genel göreliliğe dayanan ilk kozmoloji kuramını 1916'da Einstein önerdi. Bu yalnızca, astronomların yıldızların gökadalarda örgütlendiğini anlamalarından önce değil, kuantum fiziğinin evrenin Newtoncu resmini tamamen silip attığının genel kavranışından da önceydi. Hâlâ modern kozmolojinin temeli olan model 1922'de Rus meteorolog Friedman tarafından yayımlandı. Bu Einstein'ın ilk kozmoloji kuramına bir geliştirme olmuştu, ama evrenin dengede bir tekdüze gaz olarak modellenmesini de sorgulamamıştı.

On dokuzuncu yüzyıl biliminden iki fikir yirminci yüzyıl başları kozmologlarının beklentilerini özellikle biçimlendirmiş olabilir. Birincisi yanlış edinilmiş bir fikir olan evrenin bir "ısı ölümü"ne evrilmek zorunda kalacağı ve ardından yaşamdan da yapıdan da yoksun olacağı. Evrenin büyük ölçeklerde yapısız olduğu önyargısının ikinci sebebi ise bu fikrin, mutlak uzaya dayanan eski, Newtoncu kozmolojinin izlerini taşıması. Mutlak uzayın mutlak olarak

tekdüze olması düşünülüp görünmezliğine karşın, buna dayanan **her kozmolojide**, mutlak uzayın tekdüzeliğini yansıtarak, madde- nin de az çok tekdüze dağıldığını varsayma eğilimi oluyor.

1910'lerden, 1920'lerden kozmoloji yazını okunduğunda edini- len izlenim, anlaşılmak gereken asıl sorunun hangi mutlak uzayın **Newton'ın** yerine geleceğidir; bu **Einstein'ın** önerdiği mi, **De Sitter'ın**ki mi ya da **Friedman'ın**ki mi? O sıralarda genel görelili- ğin özünde, uzayın kendi sabit bir yapısı olmadığı, ama dinamik olduğu ve böylece de geometrisinin zamanla hep değişmesi bu- lunduğu pek algılanmıyordu.

Genel göreliliğin kendisinde, evrenin herhangi bir düzeyde ya- pısı olmasını önleyecek bir şey olmadığı görünüyor. Dolayısıyla üstüne geçildiğinde evrenin tekdüze görüneceği bir ölçek oldu- ğuna ilişkin geleneksel beklenti, kökleri **Newton fiziğindedir** diye eleştirilebilir. O zaman da evrenin gittikçe büyüyen ve evrenin kendi ölçeğine kadar ulaşan bir yapılar silsilesinden oluştuğunu söyleyen almaşık bir bakış açısı seçebiliriz. Bu öneri yüzyılın [20.] ilk yıllarında **Charlier** tarafından yapıldı ve **Fransız astronom de Vancouleurs** de –gökadaların öbekler, bunların da üst öbekler ha- linde örgütlendiklerini ilk önerenlerden biri olmuştur– bunu des- tekledi. Son zamanlarda, yapının gözlenebilen her ölçeğe uzandığı fikrini **Coleman** ve **Pietroneiro** gibi fizikçiler de tartıştılar.

Her iki almaşığın da akla yakın olduğu düşünülürse evrenin her ölçekte yapılı olması ya da belli bir ölçekten sonra tekdüze görün- mesi yalnızca gözlemle anlaşılabilir. Şimdilerde [20-30 yıl öncele- ri] deliller geleneksel görüşü destekler görünüyor. Uzayda gökada dağılımı haritalarının en yenileri, ötesinde evrenin tekdüze olduğu bir ölçeğin varlığına işaret ediyorlar. Ancak, ölçeği büyük ölçüde genişleterek evrendeki madde dağılımlarının ayrıntılı haritalarını çıkaracak yeni gözlemler de hazırlanmakta. Bunların sonuçlarıyla bu sorunlara kesin bir çözüm bulunabileceğini bekleyebiliriz.

Geleneksel görüş baskın çıkarsa karşımıza iki çok ilginç soru çıkar: Evrenin, niçin daha üstte tekdüze olacağı bir ölçek var? Ve de gördüğümüz yapılar nasıl oluştu? Bu soruların en basit yanıtı evrenin başlangıçta *hemen hemen* tamamıyla simetrik oluşudur. Simetri kesinkes tam olsa yapı hiç oluşamazdı. Ama ilk simetri kusurluysa yani dağılımda kimi bölgelerin yoğunluğu biraz az ya

da biraz çok olacaksa bunlar evren genişledikçe büyüyerek bugün gördüğümüz yapılarla sonuçlanabilirler.

Bugünlerin kozmoloji kuramındaki standart bakış aşağı yukarı budur. İşe yararsa evrenin en büyük ölçekte simetrik görünmesini açıklayabilir; çünkü yapılar zamanla büyür. Herhangi bir zamanda, daha üst yapıların henüz oluşmadığı bir ölçek bulunacaktır. Ama bu, üç soruya daha yol açıyor: Evren niye başlangıçta mükemmel simetriye bu denli yakındı? Simetriden başlangıç sapmalarına ne neden oldu? Ve de bunlar gördüğümüz yapıları oluşturmak üzere nasıl büyüdüler?

İlk iki soru çok derin olup yanıtlarından da pek emin değiliz. Evrenin başlangıç durumu çok özel olup bu özellik temel parçacık fiziği parametrelerinin özel oluşuyla hısımlı. Çözüm, doğal seçim gibi bir kozmoloji düzeneğiyle ilgili olabilir. Bunun işe yarayabilip yarayamayacağı ise ilerisi için bir sorun.

Yapının –simetrik evrendeki küçük bozukluklar yüzünden– nasıl oluştuğu, halen bildiklerimizin ışığında yanıtlayabileceğimiz bir soru olmalı. Buna kuramcı astronomlar geçtiğimiz onlarca yılda pek çok çalışma özgülediler. Ayrıntılı modeller yaratılıp üstün bilgisayarlarda incelendi. Sonuçları çok etkileyici. Bunlar çok daha büyük ölçeklere uzanan yapılar arasında gökadalara oluştuğu bir evreni betimlemeyi başardılar. Modeller bilgisayarda çalıştırıldıklarında bizimkine hatırı sayılır benzerlikte bir evren görünümü verdiler.

Ancak, ortada olan sorunlar olduğu gibi evrenimizde yapının nasıl oluştuğu sorunu henüz çözüme bağlanmadı. Bu modellerin seçiminde büyük bir özgürlük var; örneğin evrendeki maddenin en az yüzde 90'ı olan karanlık maddenin özellikleri özgürce belirlenebilir. Ayrıca modeller gözlemlerin hepsini –gökada dağılımları kadar, ayrışmadan gelen karacisim ışınımının ölçümlerini de– türetmeyi istediğimiz kadar iyi beceremiyor. Aynı zamanda, yapı oluşmasının basit bir süreç olmadığı ve yeğin doğrusal olmayan etkilerin esaslı bir rolü olduğu açıkça belirdi. Bu etkiler bir üstün bilgisayarda modellenenilse de genelde neler olduğunu anlayabilecek bir kavramsal çerçevemiz yok. Ayrıca süpernovalar ve yıldız oluşumları gibi oldukça yüksek enerjili süreçlerin gökada oluşumunda önemli roller oynayabilmesi de mümkün.

Küçük tedirgemelerin, yoksa simetrik olan evrende yapıyı oluşturduğu bu manzaranın ana çizgileri doğru olabilir, ama böyle olsa da tamam değildir. Niye simetrik ve basit bir şekilde başlayan bir evrenin böyle bir karmaşıklık edinmiş olmasının iyi bir sebebi olmalı? Eğer açık sözlüysek henüz bunun ne olduğunu bilmediğimizi de itiraf etmeliyiz. Bu bölümün geri kalanında evrenimizde yapının oluşma şeklini daha tam gösterecek bir resmin gelişimine katkı yapabilecek bir takım fikirleri betimleyeceğim. Bunların dayandıkları gelişmeler yirminci yüzyılda maddenin anlaşılması için, denge termodinamiği çalışmalarının 19. yüzyıldakiler için olduğu kadar önemli. 19. yüzyıl termodinamiğinin incelediği sistemler tek tek atomların üstündeki düzeyde hiçbir yapı göstermiyordu. Son zamanlarda termodinamiğin incelemeye odaklandığı sistemler ise epeyce farklı. Bunlar, *tanım özellikleri her ölçekte yapı göstermek olan sistemler*. Bunlara *kritik sistemler* denilir.

Evrendeki pek çok şey belirli boylardadır. Tüm ev kedileri aşağı yukarı aynı boydadır, tüm gitarlar, yıldızlar, gökadarlar, filler, gezegenler, ağaçlar ve otomobiller de öyle. Bunların her biri için, standart boydan daha büyük ya da küçük olmamanın bir sebebi var. Bu nedenler kimi durumlar için oldukça hayranlık verici öykülere götürür, ama burada anlatmak istediğim bu öyküler değil. Daha çok, evrende herhangi biri belli boyda olmayan nesneler hakkında konuşmak istiyorum. Böylesi şeyler belki belli ölçülerde olanlar kadar sıradan değil ama bunlardan öğrenebileceğimiz önemli bir şey var.

Örneğin bir kıyı çizgisinin belli bir ölçüsü yoktur. Girintili çıkıntılı bir kıyı çizgisine uçaktan baktığımızda, bunun düzensiz bir desene sahip olduğu, her boydan yarımadalar ve koyların serpiştirildiği görülür. Bir koy ya da yarımada için özel bir boyu yoktur; her boyda olabilirler, kıtasal da bitişik de. Uçak penceresinden bakarak ufuktan, en ufak ayırt edilebilir ayrıntıya kadar uzanan her şeyi görebiliriz.

Uçağınız inişten büyükçe belirtiler ufku aşmış gözden kaybolurlar, ama küçükleri hâlâ görebiliriz. Sonuçta kıyı çizgisinin girintili çıkıntılı örüntüsü, yükseklikten bağımsız aşağı yukarı aynı görünür. Gerçekten de en büyük şekiller uzaydan bakmadık-

ça görünmez. Bunlar ancak Dünya'nın kendi boyuyla sınırlanmıştır. En küçükleri ise kumda parmak parmak gidip gelen ince su akışları olup, ancak kıyıda dururken görülürler.

Ölçeği olmayan bir şey için bir diğer örnek de bir dağ sırasındaki tepelerin ve vadilerin örüntüsü. En büyük dağların niteleyici bir ölçeği olduğu doğrudur. Bunu Dünya'nın kütleçekim alanının yeğinliği ile dağları oluşturan kayaların sağlamlığı ve ağırlığı arasındaki çekişme belirler. Ama bir dağ manzarasında, birkaç metreye dek inilinceye kadar daha küçük her ölçekte özellikler görülebilir.

Toplumsal ve ekonomik örgütlerimizde de özel ölçüsü bulunmayan örnekler bulabiliriz. İnsan toplumu da böyle bir şey. Evlilikten Birleşmiş Milletlere, telefon sistemine ya da Hollywood filmlerini izleyen milyarlaraya kadar uzanan toplumsal örgütlenmeler bulabiliriz.

Kıyılar ve dağlar özel ölçeği bulunmayan belli bir tür örüntülere örnektir. Bunlara fraktal denilir. Bunlar genel özelliklerinin geniş ölçek silsilelerinde kendi kendini tekrarladığı örüntüler olarak tanımlanır, öyle ki herhangi bir büyültmeyle baktığımızda göreceğimiz özünde aynı örüntüdür. Fraktallar çoğu kez kritik sistemlerce oluşturulurlar, çünkü belli bir ölçeği olmayan bir sistem, incelendiği her büyültmede aynı görünecektir. Bu demektir ki oluşturacakları her örüntü hangi büyültmeyle bakılırsa bakılsın aynı görünecektir.

Ne tür sistemler böylesi örüntüleri oluşturur ki? Fizikçilerin incelediği bir sınıf faz değişimine uğrayan sistemlerden ibarettir; buzun suya, sıvının gaza dönüşmesi, bir metal parçasının mıknatıslıktan bunun giderilmiş olması gibi.

Böyle bir geçişin niye belli bir ölçeği olmayan olgular içerdiğini anlamak zor değil. Neden, böyle bir geçiş sırasında tek tek moleküllere bir şey olmaması. Bunun yerine bunların konum ve devinimlerinin düzeni değişir. Bu değişik düzen malzemenin bütününde oluşmalıdır. Bu ise tek tek moleküllerin boyutlarından pek çok merteye büyüktür. Bu mümkün, çünkü tam geçiş olduğu sıcaklık ve basınçta her iki faz da bir arada bulunabilir, tıpkı donma sıcaklığında buzun suda yüzmesi gibi. Bu gibi koşullarda her iki fazdan da, birkaç atomdan gözle görünür boyutlara ka-

dar atom ve molekül öbekleri oluşur. Geçiş olurken bu iki fazın oluşturduğu desenlere mikroskopla bakılırsa geniş ölçek aralıklarında bir dağılım görülür, tıpkı kıyıları ve dağ sıralarının fraktal örüntüleri gibi. Buz kristallerinin ve kar tanelerinin öylesine güzel olmalarının sebebi de budur, her ölçekte özellikleri vardır.

Vurgulamış olduğum gibi, evrenimiz yapısı pek çok ölçeği kapsayan kritik bir sistemdir. Birden fazla fizikçi bunun bir faz geçişi sonucu olup olamayacağını sorgulamaya yöneldi. Örneğin gökadalara güzelim örüntüleri, kar tanelerini oluşturan sürecin bir benzeriyle oluşmuş olabilir mi?

Bu soruyu yanıtlamak için faz geçişlerine ilişkin apaçık ama önemli bir gerçeği göz önüne almalıyız. Bunlar, tamı tamına kesin belirli koşulları gerektirirler. Su ancak belli bir sıcaklıkta kaynar ve bir diğerinde donar. Evrenin, genişleştikçe olağanüstü yüksek sıcaklıklardan gelerek soğuduğuna inanılmakta. O zaman da, soğurken bir ya da daha çok faz geçişine uğradığını düşünmek mümkün görünebilir. Birçok fizikçi ve astronom bunun evren boyunca dağılmış, belli bir ölçeksiz, fraktal örüntüsü gibi yapıların oluşmasına yol açmış olabileceğini iddia etti. Bunlar da ardından gökadalara oluşturacak tohumlar olabilecekti. Böyle bir kuram hem gökadalara varlığını hem de bunların uzaydaki dağılımlarının görünürde geniş bir ölçek silsilesini kapsayacak bir yapısı olmasını açıklayabilecekti. Bu ise, işe yaradığı takdirde evrenin yapısının kritik sistemlerle açıklanma fikrinin ayağı yere basan bir gerçekleşmesi olabilecekti.

Ancak, doğadaki birçok şeyin belli ölçüleri yok ama oluşmalarının bir faz geçişiyle ilişkisi yokmuş gibi görünüyor. Aslında buraya kadar vermiş olduğumuz örneklerin hepsi bu sınıfa giriyor. Öyle ki, bunların tüm faz geçişlerinden farklılığı, herhangi bir ince sıcaklık ayarı gerektirmeden kendiliklerinden oluşur görünmeleridir.

Böyle kritik sistemlerin nasıl oluştuğunu sorgulayabiliriz. Bir şey apaçık: Bu, termodinamik dengedeki bir sistemde olamaz. Çünkü böyle sistemlerde faz geçişleri dışında ilginç hiçbir şey olmaz. Geniş ölçek aralıklarında, faz geçişleri dışında herhangi bir şey oluşması ancak termodinamik dengeden çok uzaktaki sistemlerde olabilir. Denge dışındaki sistemler, önceki bölümde betim-

lediğim gibi kendi kendini örgütleme anlayışımızın özünde olup üzerlerinde çoktandır çalışılmakta. Ama ürettikleri yapıların belli bir ölçüsü olmamasının bir anlamı olduğu ancak son zamanlarda bir kimsenin dikkatini çekti. Bu kimse Per Bak'tı. Onun bu farkındalığı *kendi kendini örgütleyen kritik sistem* kavramını doğurdu. Bu o tür bir fikirdir ki insan ilk karşılaştığında sanki kilitte dönen anahtarın sesi duyulur.

Belli koşullar tamı tamına gerçekleşmedikçe olmayan fazlar arası geçişlerin tam tersine, *kendi kendini örgütleyen kritik sistem* kendiliğinden oluşabilir. Tek gereken dengede olmayan bir sistem, çünkü içinden enerji ya da malzeme akıp durur. Böyle bir olguda, Per Bak ve meslektaşlarının keşfettikleri şey, geniş ölçek dizilerinde yapı oluşturan genel düzeneklerin bulunması oldu.

Kendi kendini örgütleyen sistemlerin çoğunlukla kritik sistemler olmasının bir sebebi kendi kendini örgütleme sürecinin mertebeli olmasıdır. Bunun sebebi, sistemin bileşenlerini ilişkilendiren süreçlerin, çevrimlerin oluşmasıyla bir kere başladığında kendisini daha geniş ölçeklerde tekrarlayabilmesidir. Böylece başlangıçtaki bileşenlerin oluşturduğu sistem daha da büyük bir sistemin bileşeni oluverir. Yeterince karmaşık bir sistemde kat kat örgütlenme görülür. Bunların her biri bir diğerine, kendi kendini örgütleyen kararlı sistemleri nitelendiren döngü ve ilişkilerle bağlanmıştır. Bildiğimiz en karmaşık sistemde böyle en az sekiz düzeyde karmaşıklık bulunur: hücrelerdeki organeller, hücreler, vücudun organları, bitki ya da hayvan, benzer organizmaların toplumları, yerel ekosistemler, kıta ya da okyanus gibi geniş bir sistem ve biyokürenin bütünü. Benzer olarak, insan toplumunda da böyle düzeyler vardır. Dolayısıyla bir kentin birçok birbirine girmiş örgütlenme düzeyi vardır. Bunlar, içindeki yaşamın gözlenebileceği birbiriyle kaynaşmış pek çok ölçekte yansımaktadır.

Evrensel uygulanabilirliği göz önüne alındığında kendi kendini örgütleyen kritikliğin evrendeki yapının oluşumunun anahtarı olarak görmek çekici geliyor. Bu son yıllarda sorulan bir soru. Yantının evet olacağına inanmak da çekici. Sebebi ise, kütleçekimle bir arada duran sistemlerin zamanla örgütlenmeye karşı kendi kendine kritik örgütlenmeyi hatırlatacak şekilde doğal eğilimleri olması.

Evrendeki yapı sorunu için birinci derecede önemi olan bir gerçek, kütleçekimle bir arada duran sistemlerin artan entropi yasasının öngördüğü genel davranışı pek paylaşmazlar, yani zamanla tekdüze ve örgütsüz biçimlenmelere evrilmezler. Bu, kütleçekim kuvvetinin evrensel olarak çekici ve sonsuz erimli olması gerçeğinin bir sonucudur. Çok yıldızlı bir sistem varsa bunların bazılarının karşılıklı çekimleriyle daha yakınlaşmaları her zaman mümkün olacaktır. Bu sürecin saldıdığı enerji de diğer yıldızlar tarafından soğurulabilir ve onların hızlarını artırır. Zaman ilerledikçe de sistem farklı bileşenlere ayrılmaya başlar. Bir grup yıldız merkeze doğru yönelirken kimileri ise yitirdikleri enerjiyi geri kazanarak daha da dışarı kaçarlar. Böylece de dengeye erişen sistemlerden farklı olarak, kütleçekimle bir arada tutulan bir sistem zaman ilerledikçe giderek daha çoklu olurlar. Daha kışkırtıcı deyişle, böyle sistemler çeşitlilik geliştirip, zamanla daha türdeş olmak yerine daha ilginç olurlar.

Kütleçekimle bir arada tutulan sistemlerin yarı denge durumları denilen ve görece uzun sürelerle kararlı kalan durumlara erişirler. Böyle durumlara örnek, eliptik gökadalarda küremsi yıldız kümelerinin özellikleri olan küresel biçimlenmelerdir. Ama böyle durumlar hiç en büyük entropi ya da olasılık durumları olmayıp uzun dönemde hep kararsızdırlar.

Kütleçekimle bir arada tutulan sistemlerin kendilerini örgütlenme eğilimleri doğrudan doğruya, geçen bölümde üzerinde durduğumuz kendi kendini örgütleyen denge dışı sistemler cinsinden anlaşılabilir. Böyle sistemlerin, içlerinden durağan bir enerji akışı gerektirdiklerini görmüştük. Bu, zaman içinde kendi kendini örgütlenme süreçlerini güdebiliyordu. Ama kütleçekimle bir arada tutulan sistemlerin hepsi de bir ölçüde böyle sistemlerdir. Çünkü bunların kullanabileceği muazzam bir enerji arzı, yani potansiyel enerjileri bulunuyor. Gökadalar böyle işliyor. Kütleçekimle bir arada tutulan tüm sistemlerde bir dereceye kadar olan da bu. Bundan dolayı böylesi her sistem bir ölçüde kendi kendini örgütleyen denge dışı bir sistemdir.

Kozmolojinin anahtar sorunu, bunun gökadalardan daha büyük ölçeklerde de uygulanıp uygulanamayacağı. Gökada öbekleri kendi kendini örgütleyen sistemler olarak düşünülebilir mi? Bu-

gün için böyle bir kendi kendini örgütlenme sürecinin ya da evrende, geçmişinin erken zamanlarında soğurken bir faz geçişi olmasının, hatta bambaşka bir şeyin, gökadalara dağılımında gözlediğimiz büyük ölçekli yapılar için yeterli bir açıklama olup olamayacağına karar veremiyoruz. Ama sonuç ne çıkarsa çıksın, niçin bir gökadalara evreninde yaşadığımızı açıklama çabalarının kozmolojiyi on dokuzuncu yüzyılın durağan ve ölü evren görüşünden, güncel bir bakış olan dinamik, denge dışı ve yapıli bir evrene götürdüğü apaçık. Ancak, evrenin büyük ölçeklerde örgütlenmesinden söz ederken kitabın önceki kısımlarından alınacak önemli bir dersi unutuyoruz. Bu da, en büyük ölçeklerdeki yapıların varlıklarını fizik yasalarındaki parametrelerin olasılıksızlıklarına borçlu olmasıdır. Özellikle yıldızlar ve gökadalara gibi koskoca yapıların oluşundaki sorumlunun parametrelerdeki çok büyük oranlar –örneğin proton kütlelerinin Planck birimleri ile 10^{-19} – olmasıdır.

Böylece kritik sistemlerin incelenmesinden gelecek fikirleri tüm kullanma girişimleri bu muazzam oranların nereden geldiğini de açıklamak zorundadır. Evreni kendi kendini örgütleyen kritik bir sistem olarak bütünüyle nasıl anlayacağımızın öyküsünü tamamlamak için kozmolojiden, temel parçacık fiziğinin 1. Kısımında üzerinde durduğumuz sorunlarına geri dönmeliyiz.

Bu, birçok üniversitede katlar arasında ya da en kötüsü komşu binalar arasında kısa bir yürüyüş demektir, astronomlardan temel parçacık fizikçilerine. Bu gidişte hoş bir sürprizle ödüllendiriliriz. Çünkü kritik sistemler kavramı temel parçacık kuramcılar için çok tanıdıktır. Yirmiye [1997'den geriye] aşkın yıl önce Kenneth Wilson'un önderliğinde bir grup harika fizikçi temel parçacık fiziğinde özlü bir rol oynamaya başladılar. Bu, temel parçacık fiziğinin bulmacalarına ilişkin sözler için aydınlatıcı bir perspektif sağlıyor.

Kritik sistemler çok küçüklerin fiziği için elverişli olup bir sebebi, çekirdek ve atom fiziğinin ölçeğiyle temel Planck ölçeği arasında koskoca bir açıklık olması gerçeğidir. Bunun bir sonucu olarak temel parçacıklar sistemini, bir bakıma faz değişiminden geçmekte olan tek bir kritik malzemenin benzeri gibi görmek mümkün olabilir. İki durumda da minicik bir temel ölçekle, ilginç

olguların gözleendiği çok daha büyük bir ölçek arasında muazzam bir açıklık bulunuyor. Faz geçişindeki bir malzeme halinde temel ölçek atom fiziği ölçeği, büyük ölçek ise kendi gözlerimizle malzemenin eridiğini ya da kaynadığını gördüğümüz olağan makro dünyanınıdır. Temel parçacıklar fiziğinin yasaları durumunda ise temel ölçek Planck ölçeği büyük olanı ise çekirdek ve atomların çevresi. Tıpkı kaynayan suyun ürettiği ve atomlardan çok büyük olan kabarcıklar gibi, fiziğin varsayılan ve Planck ölçeğinde işleyen temel yasaları yirmi mertebe daha büyük olan proton, elektron ve çekirdekleri üretiyor.

Kritik sistem kavramının, son yirmi yılda temel parçacık fiziğinin anlaşılmasındaki modern bakışta özlü bir rolü oldu. Ancak, bununla temel parçacık fiziği için safçasına indirgemeci olmayan bir mekanik açıklama biçiminin çıkma olanağı doğduğu, genellikle pek vurgulanmıyor. Sebebi ise kritik sistemlere ilişkin, onları gittikçe artan anlayışımızın merkezindeki dikkate değer bir gerçek.

Yani pek çok fiziksel sistemin faz geçişi süreçleri sırasında belirli basit ve evrensel şekillerde davrandığı keşfedildi. Bu demektir ki bir sistemin faz geçişi yaparken nasıl davranacağını öngörülmesi olağan durumdakinden çok daha kolay çünkü olağan durumda bilinmek gereken hemen hiçbir şey yok. Bunun sebebi, böyle sistemlerin özel bir ölçeği olan bir olgu göstermemeleridir. Bu demektir ki, atomik ölçeğin hiçbir özelliği olmayıp, sistem her ölçekte aynı görülür.

Yaşayan kuram fizikçilerinin en etkili olanlarından birisi olan Kenneth Wilson bu içgörüyü kritik sistemler için, teknik nedenlerle yeniden normalize etme grubu olarak adlandırılan güçlü bir alet olarak geliştirdi. Bunu kullanarak herhangi bir nesnenin faz değiştirirken nasıl davranacağına ilişkin ayrıntılı öngörüler yapılabilir; birçok durumda ise bu nesnenin yapıldığı atom ve moleküllere ilişkin hiçbir şey bilinmeden.

Şüphesiz gerçek bir malzeme durumunda, bu bilgi faz değişiminde ne olduğunu anlamak için gerekli olmasa bile atomlar temel bir takım yasalara uyarlar. Ama son yıllarda benzeri bir görünümün bu temel sayılan yasaların kendileri için de uygulanabileceği önerisi ileri sürüldü. Birkaç fizikçi, dünyamızın kimi özelliklerinin, geleneksel olarak temel bir kurama bağlanarak

açıklanmak gerektikleri düşünülmekteyse de çok küçük ölçeklerde evrenin aslında kritik bir sistem olma varsayımıyla açıklanabilmesinin olabilirliğini sorgulamaktalar. Bunlardan birisi, fikirlerini özellikle ilginç bulduğum Holger Bech Nielsen adlı Danimarkalı fizikçidir.

Nielsen'in hayal ettiği şey, bütün kozmosun, tam iki faz arasındaki geçiş noktasında olmasıdır. O ve Don Bennett gibi meslektaşları, temel parçacıkların gözlenen birçok özeliğinin, fiziğin temel yasalarının ne olup olmadıklarından bağımsız olarak sadece bu gerçekten doğduğunu ortaya koymaya çalışmaktalar. Söylemek istedikleri şu: Tıpkı kaynayan sıvılarda kabarcıkların oluşması gibi gözlediğimiz temel parçacıklar evrenin fazlar arasındaki geçiş noktasında dengelenmesinin sonucu olabilir. Eğer böyleyse özellikleri, büyük ölçüde, evrene egemen olan temel yasaların ne olduklarından bağımsız olabilecektir.

Bu fikri ilk duyduğumuzda, "Peki, ama gene de evrenin yapıldığı töz nedir? Ne olduğu farketmese bile gene de protonların, nötronların ve elektronların yapıldığı ele gelir bir şey olmalıdır" diye sormak isteyebiliriz. Nielsen'in yanıtı, yerinde olmayan sorular sormaya uğraşmamakta ısrarlı olmamız gerektiği. Tüm kuramlar, parametreleri bir faz geçişini betimleyecek gibi ayarlandığında aynı evrensel davranışı ortaya çıkaracaksa bu soruyu yanıtlama olanağımız yoktur. Asıl temel kuramın ne olduğunu bulabilmenin tek yolu Planck ölçeğinin kurcalanmasıdır. Ama bu olanaksız, en azından kestirilebilecek bir gelecek için. Bunu kanıtlamak için Nielsen şunu öne sürüyor: eğer bir temel kuram bir diğeri kadar iyiye yapmamız gereken şey temel kuramı tamamıyla rasgele seçmektir. Sonra da *rasgele dinamik* dediği bir kuramı öne sürüyor. Bunda doğa yasaları tamamen gelişigüzel seçiliyor.

Kulağa uçuk gelse de bu öneri bütünüyle ciddi. Gerçekten de Nielsen ve meslektaşları, rasgele temel dinamik varsayımının bir ölçüde başarılı olduğunu ileri sürüyorlar. Önerilenlerin arasında tüm temel etkileşmelerin –Yang-Mills kuramı ve genel görelilikle betimlenen tipten– ayar etkileşmeleri olması bulunuyor. Bu demektir ki, bunlar evrenin Planck ölçeğinde temel betiminin parçası olsa da olmasa da, büyük ölçeklerde evren bu etkileşmelerle güdülür görünmektedir.

Bu son sav, aslında parçacık kuramcıları tarafından oldukça iyi karşılanmakta olup, bağımsız olarak Steven Shenker ve diğerlerince de onanmaktadır. Ama Nielsen ve meslektaşlarının yaptığı başka öneriler için pek fikir birliği oluşmuş değil. Savlarıyla *rasgele dinamik* varsayımı için, maddenin bileşenlerinin elektron ve kuark gibi nesneler olduğunu göstermenin yeterli olacağını, uzayın boyut sayısının üç olmasının ve kuantum mekaniği yasalarının yürürlüğünün sağlanmasının yeterli olduğunu gösterebilediklerini ileri sürmektedirler. Ayrıca standart modelin yapısı kadar parametrelerinden üçünün –yeğin, zayıf ve elektromanyetik etkileşmelerin yeğliliklerine ilişkin olanlar– anlaşılmasında da başarılı olunduğunu öne sürüyorlar.

Nielsen'in *rasgele dinamik* programının sonuçta başarıya ulaşacağı yargısı için henüz kesinlikle çok erken. Ancak, işte sırf bunun olabilirliği, safçasına indirgemeci programın, temel parçacıkların standart model parametrelerinin açıklanabilmesinin tek yolu olmadığını göstermektedir; tıpkı kozmolojik doğal seçim varsayımı gibi.

Ama böyle bir fikri ciddiye alacaksak hemen sormamız gereken bir soru var. Evrenin özellikleri, en azından bir ölçüde, eğer evrenin iki faz arasındaki geçiş noktasında oluşuyla belirleniyorsa, evreni bu durumda tutan nedir? Genellikle bir sistemi faz geçişi noktasında dengede bulmayız. Çünkü örneğin su ve buz gibi iki fazın bir arada bulunması için bir parametrenin –sıcaklık gibi– tam olarak ayarlı tutulması gereklidir. Öyleyse bu usavurma yolu, bizi ince ayarlı parametrelerin çıkarttığı sorundan kurtarmak yerine onlara geri götürüyor.

Hemen söylemeliyiz ki bu yalnız Nielsen için bir problem oluşturmayıp, temel parçacık fiziğine olan hemen tüm yaklaşımlar için bir sorundur. Sebebi, herhangi bir kuantum alanlar kuramının, kütleleri geniş bir ölçekte yayılmış olan kararlı parçacıkları öngörmesi doğal değildir. Temel parçacıkların kuantum mekaniğine dayanan neredeyse her kuramı, nötron, proton ve elektronların niçin kendi temel ölçeklerinden yirmi mertebe farklı olan bir evrende bulunduklarını açıklamakta zorlanır. Bunun sicim kuramı kadar büyük birleştirme kuramları için de böyle olduğunu söylemeliyiz. Evrenimizin nasıl olup da böyle geniş bir ölçek

çeşitliliği gösteren olgular içermesi temel parçacık kuramı için genel bir soru.

İkinci Kısımda bu soruya mümkün bir yanıt önermiştim: parametrelerin doğal seçilime benzer bir süreçle seçilmesi. Bu kuramın, son yazgısı ne olursa olsun üzerinde durduğumuz soruya doğal bir yanıt vereceğini vurgulamalıyız. O zaman da bu, önünde sonunda evrenimizin mertebeli yapısı olma gerçeğini açıklayabileceğini umacağımız açıklama türü için bir model oluşturacak. Kendi kendini örgütleme düzenekleri kendilerini genel olarak, yapıları çok geniş büyüklük mertebelerinde ölçeklere yayılmış kritik sistemlerin gelişmesinde gösterirler. Belki de evrenimizin bu özelliği yalnızca raslantı. Ama şimdilik fizik yasalarındaki parametrelerin genel bir kendi kendini örgütleme süreciyle saptanmış olma varsayımını, bunların bir temel kuramla tek türlü saptanmasına tercih ettirecek tek şey, ilk gruptaki kuramlar bir sistemin ölçeklerindeki yaygın silsilelerin varlığını doğal olarak açıklayabilirken, genelde ikincidekilerin yapamaması olduğu söylenebilir.

Böyle bir açıklamanın sonuçta doğru çıkacağını hayal edelim. O zaman da en sonunda, evrenin güzelliğinin kökeninin kıyıların, dağların ve kentlerin güzelliğiyle aynı olduğunu söyleyebileceğiz. Bu, ne oldu da kendimizi hem ilginç hem de güzel bir evrende bulduk sorusuna hoş bir yanıt olmaz mıydı? Gerçekten de, temel kuramdaki ölçekler probleminin, sanat ve mimarlıktaki ölçekler probleminden farkı belki fazla değil. Çünkü sonuçta insan yapılarında güzel ya da çirkin bulduklarımız arasındaki farklar nedir? Eski bir kentin güzelliği ile güncel bir AVM'nin çirkinliği arasındaki farkı belirleyen nedir? Bu estetik farklılıklar, kesinlikle bu yerlerin yapılarındaki değişik şekilleri yansıtıyorlar. Çünkü güzel bir kent ile güzel bir manzaranın ortak yanı, bunların uzun süreler içinde birçok değişik kuvvet ve –özellikle kentlerin– birçok değişik insan tarafından yapılmış olmaları. Her bir güzel kentin güzel olmak için planlandığı söylenemez ama aynı zamanda, sakinlerinin niyeti değilse sonuçtaki etki hiçbir şey değildir.

Bunun zıddına, planlı olanlar kesinlikle uygarlığımızın yaptığı çirkin yerlerdir. Bununla, tasarımların gereksiz olduğunu söylemiyorum. Ama demek isterim ki değişik tasarımlarla değişik ni-

yetlerin etkileşerek uyumlu uzlaşılarla götürdüğü bir evrim süreci **tek** bir plancının tasarımından daha güzel bir şey üretebilir.

Çevreye bakıp evrenimizin güzel olduğunu görürken muazzam olgu çeşitliliği, çekirdeklerden kozmosa her ölçekte güncel AVM'den çok eski bir kenti andırıyor. Bu güzel evren tek bir plancının yapım ürünü olabilir mi? Bir insanın plancı olarak fizik yasalarını böylesi olgu çeşitliliği vermeye yetecek özenle seçebileceğini hayal etmek kesinlikle zor. Gerçekten de önceki bölümlerde gördüğümüz gibi fizik yasalarının böylesine olgu çeşidi çıkacak gibi seçilmesini bir yana bırakın, yalnızca evrenin sırf dengede bir gaz olmaması bile pek çok parametrenin ince ince ayarlanmasını –kimilerinin altmış ondalığa kadar– gerektiriyor. Şüphesiz Tanrı'nın sonsuz bir gücü olduğu hayal edilmekte olup onun için mümkün olabilecekleri de sınırlayamayız. Ama tam bu nedenle, eğer bir evren resminin, ilahi bir seçim olan ebedi ve temel bir kuramla yapılmış olduğuna inanıyorsak Tanrı'ya da inanmamız gerekmiyor mu?

Öte yandan da, belki de insanlık tarihinde ilk kez bizimki gibi evrenin, bir Tanrı'nın sonsuz zekâ ve ileri görüşlülüğü olmadan da var olabileceğini hayal edebilmemize yetecek kadar bilgiliyiz. Zira evrenin olduğu gibi olma sebebi, kendi kendini yapması olarak kavranabilir değil mi? Çünkü her düzeyde yansıdığını gördüğümüz düzeni, yapısı ve güzelliği, uzun süreler boyunca etkileyen kendi kendini örgütleme, kendi kendini ayarlama gibi süregiden süreçler ortaya koyuyor. Böyle bir resim yapılabilirse, evrenin her ölçekte yapısı ve olguları bulunmasının, temel kuramın ince ince ayarını gerektiren muazzam bir kaza ya da raslantı olmayıp, evreni yapanın sırf kendi kendini örgütlemesindeki istatistiksel ve gelişigüzel süreçten başka bir şey olmadığının delili olduğu gerçeğini anlamamız mümkün olabilir.

Doğa yasalarının gerekliliğiyle (yani en gerekli bağıntıların gerekliliği) ne demek istediğin sorulursa verebileceğin meşru yanıt yalnızca kendi kozmoloji ve diğer bilim üzerine fikirlerini sergileyerek olabilir. Gereklilik, olasılık ve olanağın belirlenmiş kavramlarına başvuranların sadece kafaları karışır.

*–Roberto Mangabeira Unger, Social Theory
[Toplum Kuramı]*

ON ÜÇ

ÇİÇEK VE ONİKİYÜZLÜ

Pisagor’dan sicim kuramına dek doğayı kavrama arzusu, evrenin mükemmel bir matematiksel biçimin yansıması olduğu ülküsüyle çerçevelenmekte. Bu düşün gücü, Kepler yasalarından Einstein’ın denklemlerine dek esinlenmiş olan edimlerden görebileceğimiz gibi yadsınamaz. Bunların örnekleri kuramsal fizik ve kozmolojinin hedefleri, gerçekliğin altındaki güzel bir matematiksel yapının keşfi olmalıdır.

Burada üzerinde durduğum, kozmolojik doğal seçim ya da kendi kendini örgütlenme süreçleri gibi öneriler bu beklentiye karşı. Bu fikirleri yoklamak, bir bakıma fizik kuramlarının Platoncu modelini bırakarak, evrenin açıklanmasının, biyolojiyi anlayışımızın altında yatan tarihsel ve istatistiksel açıklamalarla aynı türden bir kavrayışı benimsemek anlamına geliyor. Bu nedenle bu tür fikirleri ciddiye alırsak bir fizik kuramının nasıl olması hususundaki beklentilerimizde matematiğin rolünü incelememiz gerekiyor.

Kuramsal fiziğin yaratıcı süreçlerini çevreleyen örtülerden, her şeyden çok matematik sorumlu. Belki bir kuram fizikçisinin

yaşamındaki en tuhaf an, birden bire, yoldaşlarından pek azının paylaştığı, bir tür gizemli deneyimin peşinde olduğunu farkettiği andır. Eminim ki her çeşit bilim insanının çoğu esinlerinin çoğunu bir tür doğaya tapmakla edinmekte, ama kuram fizikçilerini kendine özgü yapan ise bizim doğayla bağlantı kurma algımızın, onunla doğrudan ilişkide olmamızla hiçbir ilgisi yok. Biyologlar ve deney fizikçilerinden farklı olarak günlük çalışmalarımızda karşılaştıklarımız genellikle somut olgular değil. Çoğu zaman gerçeklikle değil onun matematiksel temsiliyle boğuşuruz.

Sanatçılar, en yüksek güzelliğe, onu kopyalayarak değil temsil ederek ulaşabileceklerinin farkındalar. Kuram fizikçileri ve matematikçiler, bu özünde estetik olan çalışmalarını diğer tür bilim insanlarından daha çok paylaşırlar. Çünkü belki de sanatçılar gibi, öyle yapılar biçimlendiririz ki bunlar başarılı olunca gerçek evren ile ilgili bir şey yakaladıkları gibi bütünüyle insan hayal gücünün ürünü olarak kalırlar. Ama belki sanatçılar bile en büyük yaratılarımızın, sadece geçici bir deneyimin ardındaki derin ve kalıcı gerçekliği olma beklentimizi paylaşamıyorlar.

Matematikselin bu gizemliliğinin, gerçekliğin en derin düzeyde bir denklem ya da geometri yapısıyla yakalanabileceği inancı kuram fizikçisinin kişisel dinidir. Diğer esaslı inançlar gibi bu da kelimelerle anlatılamaz, bunu yaşamak gerekir. İnsan, kavradığı bir parça matematiğin evrende de var olabilirliğini kelimeler olmadan hissetmelidir.

Matematiksel bir yapıyla doğadaki bir şey arasındaki iletişimin zihinde görülmesinin verdiği keyfi birçok fizikçi ve matematikçinin yaşadığına inanıyorum. İşin içindeki matematiğin çok karmaşık olması bile gerekmiyor. Bu deneyimi, Pisagor teoreminin kanıtını kavrayıp aynı zamanda bunun Dünyadaki her bir dik üçgen için geçerli olduğunun farkına varan herkes yaşayabilir. Ya da birisi, Newton yasasını gerçekten anlar ve de aynı anda zihnindeki bu kavrayışın, evrende devinen sayısız nesne için gerçekleşen bir mantık olduğunu farkettiğinde bir an bir ferahlık olur. Böyle anlarda insan, hayal gücüyle oluşmuş bir mantıksal yapıyla andaş olarak, gerçekliğin bir yüzünü onunla birlikte kavramakla bir keyif ve de –söylenmeli ki– kudret hisseder.

Bundan dolayı fizik ya da matematik eğitimi bir tarıkata girmek gibidir. İnsan kanabilir çünkü hiçbir töreni ya da ayini yok, ama değindiğimiz şey sadece, esaslı bir inanç olduğuna ilişkin bir işaret. Kimi zaman matematikle evren arsındaki şaşırtıcı ilişkiden söz edilir. Örneğin kuantum kuramında simetrilerin kullanımında öncülük eden Eugene Wigner, "matematiğin fizikteki akıl almaz etkililiği" üzerinde yazmıştı. Ama bu ilişkinin gerçekleşme deneyiminin sözünü hiç kimse etmiyor. Gene de bu deneyimin kuram fizikçisi olan herkesi çalışmalarında, erkenden ve sık sık çarptığına kuvvetle inanıyorum.

Şüphesiz çalışmaları sürerken insan aslında ne Newton yasalarının ne de Öklit geometrisinin evreni kapsadığını erkenden öğrenir. Ama buna kapıldığında da artık imgeleminde doğru bir evren imgesinin kalmasının mümkün oluşunun esiridir. Daha da ötesi, evrenin asıl aynası olacak formülü icat eden kişi olabilecek genç bilim insanımızda tutku uyanacaktır. Ne de olsa gerçekliğin tam bir betimi olan bir matematiksel yapı varsa er ya da geç birisi onu keşfedecektir. Niye siz ya da ben olmayalım? İşte defterlerimize yazıp karatahtalarımıza çizmeyi sürdürtüp duran, akranların hayranlığına gereksinmekten de öte, kavrayış ve yaratıcılığın en derin duyumuna olan şey bu tutkudur.

Şüphesiz hem olağanüstü hem de dehşet verici olan, en derin düzeyinde doğanın matematikle bir ilgisinin olması için kesinlikle bir neden bulunmamasıdır. Matematiksel bilimcinin paylaştığı bu gizemcilik matematiğin kendisi gibi, insanların icadıdır. Bunun için türlü türlü savın ileri sürülmesi farketmez. Özellikle, birbirimize öyküler anlatırız; güzel bir parça matematiğin sırf güzel olduğu için incelendiğine, ama sonradan bunun bir gerçek olguyu temsil ettiğinin ortaya çıktığına ilişkin. Bu kesinlikle, Öklitçi olmayan geometride ve de Maxwell'in elektrodinamik kuramında keşfedilip, genel görelilik ile standart modelde serpilene ayar ilkesinin öyküsüdür. Ama matematiğin fizikteki bu apaçık etkililiğine karşın, evrenin matematiksel ilkeler uyarınca örgütlenmek zorunda olduğuna ilişkin hiçbir *a priori* sav işitmedim.

Gene de evrenin görünümünün ardında yatan kalıcı ve aşkın bir gerçeklik varsa matematikten daha iyi bir seçim olamaz. Evrene olan bu kılıgısal üstünlükte gerçekliğin hiçbir diğer kavranı-

şı daha başarılı olmadı. Ve de bu, bildiğim kadarıyla, uğruna hiç kimsenin öldürülmediği tek din.

Ama dürüst matematikçilersek, kabullenmeliyiz ki birçok vakkada evrenin bir yanı bir matematiksel yasayı matematiksel olmayan basit bir nedenle izliyor. Bu, tipik olarak, bir sistem muazzam sayılarda bağımsız parçalardan oluşmuşsa ortaya çıkıyor; bir lastik şerit, odadaki hava ya da bir seçmenler topluluğu gibi. Lastik şeritteki kuvvet, uzamayla orantılı artar. Ama bu pek derin bir şey yansıtmaz, sadece hissettiğimiz kuvvetin atomlar arasındaki, her biri gerilmeye karmaşık hatta beklenmedik tepkiler gösteren muazzam sayılardaki küçük kuvvetin toplamı olduğunu söyler. Benzer olarak havanın bir odaya niye tekdüze yayıldığını açıklamak için bir gizem ya da simetri gerekli değil. Her atom gelişigüzel devinir, bu ise sırf o çok büyük sayıların istatistiğidir. Belki de bir Platoncunun en büyük karabasanı tüm yasalarımızın en sonunda böyle olmasıdır. Öyle ki, belki de keşfettiğimiz tüm bu güzel düzenliliklerin kökeninde daha çok, istatistik ve ötesinde de sadece gelişigüzellik ya da akıldışılık yatıyor.

Belki biyolojinin kimi fizikçilere muammalı gelmesinin bir sebebi de budur. Canlı Dünyanın muazzam güzelliğinin sonuçta sırf bir gelişigüzellik, istatistik ve donmuş raslantıların işi olabilmesi olanağı, gerçeğin tek bir güzel denklemle yakalanabilmesi gibi gizemli bir tafraya karşı sahici bir tehdit olarak duruyor.

Bir fizikçi ya da matematikçinin çalışma yaşamı şüphesiz sürekli bir manevi deneyim içinde geçmez. Çoğu zaman bu bir tür oyun oynama gibidir. Ama bu bir yandan da güzel ve biraz yavan bir deneyim. Tüm insanlar oynar, aslında memelilerin hepsi. Ama matematiksel bilimcilerin oynadıkları oyunlarda özel bir şey var, bu oyunlarda kazandığımızda evrene ilişkin soruları yanıtlamış oluruz.

Bu, bir denklemin doğruluğunu kavramaktan ayrı bir deneyim. Pisagor teoremini ya da Newton yasalarını anladıktan sonra bunları değişik olgularda neler olacağına ilişkin soruları yanıtlamakta kullanırız. Ortaya bir soru atarsınız: Havaya bir top atıldığını düşünelim, şöyle bir hızla ve şu açıyla. Nereye düşer? Bir denklem çözer ve yanıtı bulursunuz.

Matematikteki gizemin yazgısı sonuçta her ne olacaksa olsun burada sırf doğru olan bir şey var: evren öyle ki, en azından bir-

çok durumda bize ona ilişkin bir şeyler öğretecek oyunlar icat etmemiz kesinlikle olanaklı. Bunu yaparken de gerçek evreni mükemmel yansıtacak ötesi olmayan bir oyun ya da formülün varlığı gibi bir sanı da gerekmiyor. Gerçek evren her ne ise birçok yanıyla kavranabilir olduğu mantığıyla davranmakta. Bu demektir ki o, bu mantığı taklit etmek için icat edilen oyunlarla az çok kavranabilir. Altında yatan gerçekliğin gelişigüzel olduğundan kuşkulansak bile hâlâ bize neler olacağını öğretecek oyunlar –istatistik oyunları– bulunuyor.

Doğanın doğru bir yansıması olduğuna inanılan bir formül ile, kuralları, gözlenen düzenin kimi yanlarını yakalayan bir oyun arasındaki ayrım, sık sık kuram ile model arasındaki ayrım diye ifade edilir. Kuram kavramı, sözcük kökeni ve güncel kullanımıyla gerçekliği simgesel bir ifadeyle yakalama arzusu taşır. Model sadece, evrende gözlenen düzenin bir takım basit kurallara yerleştirilebilen bazı yanlarını taklit etmek isteyen bir oyundur.

Hiç kuşku yok ki ne olursa olsun bilim insanları dünyası oyun oynayarak öğrenmeyi oyun oynayarak sürdürecektir. Riskte olan ise sadece oynayacağımız oyunların türleri. Kitabın ilk yarısında bir kozmoloji kuramı oluşturma sorunuyla karşılaştığımızda ne türlü oyunların en elverişli olabileceğine ilişkin iki zıt öneri örneği vermiştim. Bugün ise kuramsal fizikteki büyük sorun bütün evreni yakalayacak o güzel denklemi icat etme arzusunun en sonunda başarılı olup olamayacağı. Bir en son oyun olacak mı, olursa Newton, Maxwell ve Einstein'ın oynadıkları türden mi olacak? Buna karşılık, İkinci Kısımda ve önceki bölümde incelediğim olanak var: evrene ilişkin pek çok soru belki daha çok, biyologlarınkine benzer oyunlar oynayarak yanıtlanabilir. Doğa yasalarının parametrelerini tek bir biçimde öngörecektir kuramı bulmak yerine, sayıları gittikçe artan evrenlerin topluluğunda değişik seçimlerin sonuçlarını araştıran, kuralları, oyunda en başarılısı en olası olacak gibi tasarlanmış bir oyun hayal edebiliriz.

Bunun gerçekten işe yarayabilip bilemeyeceğini görmek için oynamayı denemeliyiz. Bu, kuramsal fizik geleneğinde olanlardan değişik bir eylem. Orada amaç gerçeği temsil etmesi için konulan bir denklemin çözümlerini bulmak ve sonra da bu çözümlerin dünyamızı betimleyip betimlemediğini görmek. Bu yeni kuram

durumunda bir tür "farz edelim ki" oyunu oynayarak fizik yasalarını başka başka kılıklara soktuğumuzu hayal edip bu hayali evrenlerin bizimkinden nasıl fark edeceğini soracağız.

10. Bölümde belli bir astronomi olgusunu, yani spiral gökada örgütlenmesini açıklamak için icat edilen iki oyun betimlemiştik. İlki olan yoğunluk dalgası, kuramsal fiziğin geleneksel yöntem yapısını izler. Gökada diskindeki madde ve enerji devinimini yakalayacak belli bir takım doğrusal olmayan diferansiyel denklemler yazıp bunların çözümlerini bulmaya uğraşarak evrende gözlenen gökadalarla karşılaştırırız.

İkinci oyun türü, gökada yapısının Gerola-Schulman-Seiden kuramıyla somutlanır. Bunda yıldız oluşumunda etkili olan süreçlerin mantığı birkaç basit kuralla yakalanmaya çalışılır. Çözecek bir denklem yok, yalnız dönen bir satranç tahtası ve birkaç basit hamle. Oyuna soru sormak için oynamak gerekiyor. Yanıtı görmek için çok hamle gerektiğinden tipik olarak, bir bilgisayar programlayabiliriz ya, sıkıştırsak bir grup çocuk da pekâlâ aynı işi görür. O zaman da tam anlamıyla kazanıp kazanmadığımızı görürüz. Zira kazanmak demek, oyun ne kadar sürerse sürsün dönen tahta üzerindeki taşların bir spiral gökadanın fotoğrafına benzemesidir.

Her türlü oyunun üstünlükleri ve zaafı var. Pek çok durumda, gökadalardan ikisi de gerçekliğin bir yanını yakalar. Görünüşte, kimi gökadalardan daha çok "yoğunluk dalgamsı" oluyor, kimilerinde ise daha çok "yaşam oyunumsu." Hangi tür oyunun en iyisi olduğu büyük ölçüde ne tür soru sorulduğuna bağlı.

Örneğin farz edelim ki havaya atılan topun nereye düşeceğini sormak istiyoruz. Newtoncu fizikte oynadığımız oyun kesinlikle en iyi çalışandır. Bu olayın iyi yanı, durumun mantığının, matematiksel denklemler olarak ifade edilebilecek birkaç basit bağıntıyla yakalanmış olmasıdır. Bu bağıntılar çok sayıda farklı durum için geçerlidir. Bunları betimlemek için denklemleri çözmek gerekir. Bağıntılar sonsuz sayıda değişik durum için doğru olduklarından sonsuz sayıda da çözüm vardır. Hiç de fena değil, hatta iyi. Bu da kuramın çok sıradan hatta belki de evrensel bir şey yakalaması anlamına gelir.

Zorluk ise çoğu zaman ilgilenilen belli bir çözümü bulmaktır. Bunlar ise genellikle durumu zamanın belli bir anında belir-

lemekle ayırt edilir. Örneğin topun hareketini betimleyen denklemler halinde çözümler topun nereden atıldığı ile atılma hızı ve yönüyle etiketlenir. Newton denklemlerinin, bu başlangıç koşullarından her biri için topun nereye gideceğini söyleyecek bir çözümlü vardır.

Böyle bir oyunun güzel yanı kurallarının belirlenimci olmasıdır. Başlangıç koşulları verildiğinde ne olacağını kesinkes öngörebiliriz. Böyle oyunlara, Newtoncu oyun adı verelim. Elektrodinamik, genel görelilik ve de standart model hep Newtoncu oyunlar. Bunların sonsuz sayıda çözümleri olup, bir soruyu yanıtlamak için ilgilendiğimiz problemin başlangıç koşullarıyla uyuşan çözümlü bulmamız gerekir.

Bu kitapta bütün evrenin kuramının nasıl kurulabileceği sorusuyla ilgileniyoruz. Bu bizim tutkumuzsa değişik türde oyunların ele almamız gereken belli bir takım üstünlük ve zaafı da var. Newtoncu oyunların üstünlüğü kesinlikle eksiksiz olmalarında. Bir Newtoncu oyunun betimlediği bir sistemde olabilecek her şeye ilişkin her soru, başlangıç koşulları verildiğinde ilke bakımından yanıtlanabilir.

Ama bir zorluk da var. Yalnız bir tek evren varken, herhangi bir Newtoncu kuramın sonsuz sayıda çözümlü bulunur. Evreni temsil için bu tür bir denklem yazsak bir sorunla karşılaşırız. Çünkü bunun sonsuz sayıdaki çözümünden yalnız biri evreni temsil edebilir. Bu bir topun uçuşu örneğinden çok farklı. Çünkü topların havaya fırlatılmasına çok büyük sayılarda örnek var. İyi ki bunların tümünü betimleyecek bir denklem olduğunu biliyoruz. Başlangıç koşullarını seçme özgürlüğü, evrenin bir parçasına ait, işe yarar herhangi bir kuram için gerekli olup bu bize pek çok farklı parçaya ilişkin olguları bir denklemle kavrama özgürlüğü verir.

Ama kozmoloji halinde iş çok farklı. Evrensel denklemin her çözümü bütün bir evreni betimler. Fakat bunlardan yalnız birinin gerçeklikle ilişkisi olabilir. Bu demektir ki bütün evrenin herhangi bir kuramının, eğer Newtoncu türden bir oyunsa, asıl evreni betimleyecek olanın sonsuz sayıdaki çözümünden hangisi olduğunu söyleyecek bir de tamamlayıcı eki bulunmalıdır.

Buna başlangıç koşulları problemi denilir. Bu, kozmolojinin bir problemi de çünkü evrenin niçin bir durumda değil de diğ-

rinde ortaya çıkmış olmasının bir sebebi olmalıdır. Ama bu neden evrenin dışında kalıyorsa o zaman evren hiç de her şey olmayacak ki bu zıvalıktır, çünkü bu artık evren olamaz.

Bu durumda da böyle bir başlangıç koşulları kuramının, dinin dönüşü için kapıyı açık bırakma tehlikesi var. Ama bu, sözünü etmiş olduğum matematikselliğin gizemciliği olmayıp bilinçli bir karar ve tercihle evreni yapan bir Tanrı'nın varlığı fikri! Einstein'ın, "Asıl ilgilendiğim Tanrı'nın evreni yaratırken bir tercih hakkı olup olmadığı" dediği söylenir. Eğer bütün evrenin kuramının Newtoncu olduğu anlaşılırsa yanıt evet olmalı, çünkü kuram bize başlangıç koşullarının nasıl seçildiğini söyleyemez; eğer Tanrı evreni böyle yapmışsa demek ki tercih hakkını kullanmış.

Bu hususun sık sık tartışıldığını duyarım ama hâlâ nasıl bir anlam verebileceğime ilişkin bir fikrim yok. Evreni bilimsel olarak anlayışımız, gerçekten de en sonunda –bir evreni başlatma arzusuyla başlangıç koşullarını seçerek maddenin varoluşunu emreden bedensiz bir akıldan başka hiçbir şeyin var olmadığı– yirmi milyar yıl öncesine götüren mitolojik bir öyküye mi varacaktı? Sanırım böyle bir öykünün çekiciliği, en azından kısmen, evrenin dini bir kavranışıyla ve kendimizi evrenin yaratıcısı yerinde görme arzusuyla beslenmektedir. Böyle olunca da evreni böyle görme arzusu dini bir özlem olup, bilimsel yöntemciliğin herhangi bir ilkesinin ifadesi olmuyor.

Kozmolojideki başlangıç koşulları problemi henüz çözülmüş değil. Bugünlerde bu genellikle kuantum kuramın diliyle anlatılmakta olup, evrenin kuantum durumunun belirlenmesi problemi haline gelmiş oluyor. Zaman zaman kuantum kozmolojisi denklemlerinin tek bir çözümü olmak gerektiği önerilir. Ama her seferinde daha yakından incelendiğinde denklemlerin birçok çözümü olduğu ve her birinin mümkün bir kozmolojiyi betimlediği ortaya çıkmıştır.

Evrenin şimdiki durumu ise aslında başlangıç koşullarının seçimine bağlı olmasaydı probleme değişik türde bir çözüm bulunabilirdi. Böyle bir kuram işe yararsa evrenin yapılışında keyfi bir seçme olmaz. Çevremizde gördüğümüz her şeyin sebebi sadece evrenin kendisinde olacak, dışında kalacak bir şey gerekmeyecekti. İşte bu nedenle, kendi kendini örgütleyen ve seçilmiş olmayan

bir evren elde edilebilirse, onun varlığı evrenin daha akılcı bir kavranışına götürecektir. Bu, betimlemekte olduğumuz ve kozmolojik doğal seçim ya da Gerola-Schulman-Seiden kuramı tiplerinde ikinci tür bir oyunla edinilebilir mi? Yanıt evet, en azından kısmen. Böylesi oyunlar, kesinlikle evrenin kendi kendini örgütleyen bir varlık olarak kavranmasına yönelir ve başarılı olduklarında ise başlangıç koşullarını seçme ya da parametreleri ayarlama gereksinimi olmadan yapılar ve örüntüler geliştirirler.

Ama, evrendeki düzenin, kozmolojik doğal seçim gibi istatistiksel bir kendi kendini örgütlenme sürecine dayanması önerisinin kesinlikle belli zaafı bulunuyor. Bunlardan biri, soracağımız her sorunun kuram tarafından belli bir keskinlikle yanıtlanamayabileceğidir. Bu ise parametrelerin temel bir matematiksel kuramla saptandığı durumdaki beklentilerimizle taban tabana zıddır. Bu durumda da, sahiden temel düzeye indiğimizde parametreler için basit matematiksel bağıntıların ortaya çıkmasını beklemeliyiz. Bunun sebebi ise temel kuram basitse ürettiği sayıların az bir bilgiyle betimlenebilmesidir. Bu her parametrenin ondalık açılımındaki sonsuz sayıdaki basamağın her birisinin bir sebebi olması demektir. Öte yandan eğer evren, kozmolojik doğal seçim düzeneği gibi bir tarihsel ve istatistiksel süreçle ayarlanmışsa her bir parametrenin ondalık açılımındaki her bir basamak anlamlı olmak durumunda değildir. Bunun yerine yapıda bir gıdım pürtüklenme olacaktır. Belki sadece her parametrenin birkaç basamağı gerçekten anlamlı olacak, geri kalanı esas itibarıyla gelişigüzel olacaktır.

O zaman da soru temel fizik ile kozmolojinin, sayıları kullanırken matematik gibi mi yoksa biyoloji gibi mi olmaları? Matematikte çoğu zaman sayıların tam kendileriyle iş görürüz. π sayısının ondalık açılımındaki her ondalık önemlidir: elimizdeki, ondalık açılımı π 'ninkiyle aynı olan ama yalnız 10'uncu hatta 10¹⁰⁰'üncü ondalık basamakta fark eden bir sayı π olmaz. Öte yandan kimya, jeoloji ya da biyoloji gibi bilimlerde çoğu kez yaklaşık sayılarla uğraşırız. Çünkü çoğunlukla bir şeylerin ancak belli bir keskinlikle tanımlanabilmesini sağlayan istatistiklerle iş görürüz.

Kozmolojik doğal seçim ya da onun gibi bir şey temel parçacık fiziğinin parametreleri için sonuçlandırıcı bir açıklama

olacaksa bu temel fizik için de geçerli olmalıdır. Standart model parametrelerinin her biri için birkaç basamaktan fazlası için bir açıklama olmaması beklenebilir. Ölçümlerle istediğimiz sayıda basamak belirleyebiliriz, ancak bunların bir gerekçesi olmayıp yalnızca her istatistiksel sürece içkin olan çırpıntıları yansıtır.

Bu fiziksel kuramların keskinliğinin bir sınırı olması demek değildir. Çünkü gene de fiziksel nicelikler arasında, temel sabitlerin öngörebileceğimiz değerlerinden çok daha incelik ve kesinlikle geçerli olabilecek bağıntılar bulabiliriz. Lakin bu gene de her ölçülen niceliğin her bir basamağı için akılcı bir açıklama bulunabileceği fikrinden caymamız anlamına gelir.

Peki bu, evreni fiziksel kuram yoluyla kavrama tutkusunu tatmine yetecek mi? Yanıtın evet olduğuna inanıyorum. Ama niyetini açıklamak için zıt varsayımın da bir bedeli olduğunu hatırlamalıyız. Bize, geleceği ilke bakımından, mükemmel bir kesinlikle öngörme olanağı verecek bir belirlenimci fizik kuramının var olabileceği hipotezine bağlandığımızda, çok değerli bir şeyden de geçmiştik. Bu ise bir yenilik olabileceğine inanmaktı. Eğer bütün evren belirlenimci yasaların işleyişiye, gelecek aslında hep bugünün bir tecellisi olacaktır. Zaten bugünde kodlanmış olmayan yeni hiçbir şey gerçekleşmeyecektir.

Genelde fiziksel kuramın Platoncu kavranışı bir yeniliğin mümkün olabileceğine inanmayı zorlaştırıyor. Evrendeki tüm yapının, ideal formların yansımaları olduğu kadar yeni hiçbir şey olamaz; formlar ebedidir. Biyolojik dünya bunu yalanlar görünüyor: doğal seçilimin geçmişi daha önce var olmayan formların icat olduğu anlarla dolu. Biyolojide yenilik olabileceğini söylemek çok çekici bir istek. Ama temel yasaların belirlenimci olduklarına inanıyorsak yeninin gerçeklik olduğuna inanmaya gerçekten izin var mı yoksa yeniliğin olanaksızlığında ısrarcı mı olmalıyız? En azından burada göz önüne almaya değer bir soru var: Nasıl oluyor da fizik yasalarıyla tam anlamıyla betimlenebilen süreçler, önceki zamanlarda var olmayan nesne sınıflarını yaratabiliyor? Ve de bu sorunun yanıtı, fizik yasalarının kendileri, kendi kendini örgütlenme süreçlerinin ya da doğal seçilimin sonucuysa değişir miydi?

Bizler de diğer canlılar da kesinlikle, muazzam yapıları olan, olasılıksızlığı yüksek ve her yerdeki atomlarla tam aynı yasalara

uyan atomların topluluğuyuz. Atomlar düzeyinde yenilik olabilmek olasılığı yok gibi. Ama burada bir çelişme yok. Açıklayıcı ilkelerin indirgenebilirliği, bu durumda kesinlikle işe yaradığı halde, yalnız daha büyük ölçeklerde algılanabilecek yapı ve örgütlenmeyi kavramlaştırmamızda da bu, beliren yapı sınıfları cinsinden kavranabilen kendi kendini örgütlenme ilkelerini keşfetmemize de engel olamaz.

Kuantum fiziğinin iyi bir yanı yapı ve bilginin evrende gerçek şeyler olarak algılanmalarına olanak vermesi. Atomların varlığı evrendeki nesneleri sayabilmemizi sağlıyor. Bu, doğal sayıların mantığını gerçek olgulara uygulayabilmemiz demektir. Bu da mantık ve bilgi kuramının doğal olarak oluşan yapılara uygulanmasını uygun kılmakta. DNA'nın yalnızca bilgi cinsinden anlaşılabilen bir kod taşıyabilmesi ve yapıyla gerçekleşebilmesi gerçeği, etkiyen yegane yasaların fizik yasaları olması fikriyle hiçbir şekilde çelişmez.

Demek ki burada bilimsel bir sorun yok. Zaman içinde etkiyen doğal süreçler gerçekten yenilik yaratabiliyor. Ama felsefi ya da daha iyi deyişle, felsefe için bir sorun var. Doğal seçim süreçlerinin, yapılı molekülleri içeren süreçlerin mantık ve olasılığın işleyişinden çıktığı düşünülür. Oysa olasılık saymaktan başka bir şey olmayıp, saymak ise mantıkçılara göre aslında mantıktan başka bir şey değil. Öyleyse sonuçta doğal seçim, mantık ilkelerinin belli yapılı molekül topluluklarına uygulanmasından başka bir şey değil. Ama mantık ise totolojik olmak gerek. Totolojide gerçek bir bilgi bulunmamalı, çünkü bu her türlü mümkün koşulda doğru olan şeyler demektir. Ama bir şey mümkün her türlü koşulda doğruysa hep doğrudur. O zaman da hiç yeni olamaz. Öyleyse yalnızca mantık ve olasılıkla işleyen bir şey nasıl olur da yenilik türetebilir? İşte yeniliğin nasıl olabildiği bu nedenle felsefeye ait bir sorundur.

Buna verilmesi mümkün bir yanıt gerçekte bir yenilik olmadıgıdır. Mümkün olabilecek her tür ve de olabilecek her tür karışımı, yaşamın temel düzeneği ortaya çıktığında var olmuştur. Mümkün her canlı türü DNA'da kodlanmış olup, her mümkün DNA dizisinin ve bunların, olabilecek her türlü topluluğunun mümkün olgular olarak ezelden beri var olduğu söylenebilir. O zaman da doğal se-

çilimin yenilik yaratmayıp sadece her zaman var olan olabilirlikler arasından seçtiği söylenebilir.

Ama bu, varoluş fikrinin tamamıyla ilginç olmayan bir kullanılışı. Asıl nesnelerin var olma kavramıyla olabilirlikler listesindeki adların varoluşu arasında kesinlikle bir ayırım yapmalıyız. Gerçekten de olabilecek türlerin hepsini, yaşamın olabilecek tüm geçmişlerini, hatta tüm mümkün bilgisayar yazılımlarını ya da satranç oyunlarını hayal etmek (çünkü bunları aslında hiç yapılaştıramayız) amacıyla bir problem biçimselleştirmeyi kolaylaştıracaktır. Ama bu hayali listelerdekilerin hemen hiçbirisi yoktur. Öte yandan evrende bunlardan az sayıda var olup ezeli de değiller. Bunlar belirli zamanlarda belirli süreçlerle yaratılmışlardır. Var olma sözünün yararlı bir anlamı olacaksa, evrenin yeni şeyleri yarattığını, dolayısıyla da yeniliğin, gerçekliğin bir olgusu olduğunu benimsemeliyiz. Bu yüzden de, mantık ve saymayla tamı tamına açıklanabilen süreçlerin yeniliği nasıl üretebilecekleri sorunuyla karşı karşıyız.

Doğal seçim kuramının ne çeşit bir bilgiyi temsil ettiği sorunuyla ilgili olduğundan, bu soruna başka bir yönden yaklaşmak yararlı olabilir. Filozof Immanuel Kant dünyaya ilişkin değişlerin iki yönde sınıflandırılabilceğini öne sürmüştü. Birincisi bunlar ya analitik ya da sentetiktir. Analitiklerin doğrulukları yalnız kelimelerin tanımlarından ileri gelir; şöyle, “evli olmayan tüm erkekler bekârdır.” Sentetikler ise, doğrulukları içindeki kelimeleri çözümleyerek belirlenemeyen savlardır; örneğin “bu kitabın yazarı kedileri sever.”

Ek olarak, Kant için değişler ya *a priori*dir ya da *a posteriori*. *A priori* değişler mümkün her dünyada doğru olmalı, dolayısıyla evrende hiçbir gözlem yapmadan doğruluklarından emin olunabilir. *A posteriori* olanlar ise doğrulukları gözlemlerle ortaya konulmak gereken değişlerdir.

Analitik değişler açıkça *a priori*’dirler. Kant’ın boğuştuğu –ve de benim burada farklı bir şekilde değineceğim– zor soru belli bir takım sentetik değişlerin konumlarıdır. Özel ilgi konusu ise, açıklamaları bir doğal seçim ya da kendi kendini örgütlenme düzeneğine dayanan sentetik değişlerin konumu. Örneğin şu değiş sorgulayabiliriz: uçan hayvanlar vardır. Bu kesinlikle sentetik bir

deyiştir; üzerinde doğal seçilimin henüz uçmanın keşfine götürmediği bir gezegeni kolaylıkla hayal edebiliriz. Aynı zamanda da uçan yaratıkların seçmede, yürüyen ya da sürünenlere niye üstünlüğü olduğunun iyi nedenleri vardır. Bu ise doğal seçim ilkelelerini kullanarak, elverişli bir atmosferi olan meskûn gezegenlerin bir tür uçan yaratıkları da barındırmasının ciddi bir olasılığı olduğunu ileri sürmeye olanak verir. O zaman da sorulacak soru bu deyişin *a priori* mi yoksa *a posteriori* mi olduğudur. Doğal seçim kuramı bakımından yerinde bir savın, bu durumun hayvanların bulunduğu her mümkün gezegende geçerli olması olduğu görünüyor. Böylece görünüyor ki doğal seçimle yapılan açıklamanın “üzerinde hayvanlar bulunan her gezegende uçanların da bulunması olasıdır” deyişi *a posteriori* olmaktan çok *a priori*’dir.

Sonuca göre görünüşte, evrenin doğal seçimle açıklanmasına verilen izinle yeni bir sınıfa, sentetik *a priori* bilgi sınıfına olanak sağlanmaktadır. Bu da Kant’a olduğu kadar bizim için de farklı bir olgu, bir problem oluyor. Bir bilgi, hem sentetik olup hem de totolojinin ötesinde bir içeriği varken, mümkün her evrende nasıl doğru olabilir?

Bu problemin anahtarı sorunun düzenlenmesinde bulunması gereken zaman ögesinde olmalı: yenilik nasıl mümkün olabilir? Doğal süreçlerin yalnız mantık ve saymayla açıklanabilen süreçlerle nasıl üretilebildiğinin anlaşılmasında zaman esaslı bir öğedir. Öte yandan mantık ve matematiğin totolojik olması fikri ise bunlara, içinde doğru olan her şeyin hep doğru kalacağı ezeli bir bağıntılar sistemi olarak bakmaktan ileri gelir.

Üzerinde durduğumuz problemler sırf zamanı tartışma dışı bıraktığımız için aslında olduklarından daha muammalı görünüyor. Evrenin hem sentetik hem de *a posteriori* (mümkün her evrende doğru) olan savlarla açıklanabilir görünen özelliklerinin varlığı, sırf onu sabitlenmiş ve zamanda durağan –böylece bir kere doğru olan hep doğru olur– görürsek muammalı görünür. Ama doğal seçilimin zaman içinde olduğu anlaşılmalı. Öyle ki bir türün özellikleri zamana bağlı deyişler olup, yalnızca zorunlu olarak üyelerinin varlığı sürerken sınırlı süreler içinde geçerlidirler. Saf mantığın durağan, Platoncu, ebedi olarak doğru veya yanlış önermeler evreni bağlamında bakıldığında hiçbir gücü yokken,

evrendeki yapıları dönüştürmek için etkileyen doğal seçim gibi bir süreç belki hem mantıksal olarak açıklanabilir hem de yeniliği icat etmeyi becerebilir.

Gerçekten de soruyu tersine çevirip matematik teoremlerinin ebedi olmalarının nasıl olup da anlaşılabilirdiğini sorabiliriz. Her zaman doğru olan bir doğruluğu keşfetmemiz nasıl olabiliyor? Bu sorunun tek makul ve aslında Kant'ın savını başka şekilde vurgulayan yanıtına göre, matematiksel ve mantıksal doğruların zamandan bağımsız olabilmeleri, aslında var olmayan nesnelerle ilgili olmalarındandır. Bunlar yalnızca mümkün bağıntılar hakkındadır. Dolayısıyla matematik teoremlerinin zaman dışında var olan bir "diğer" ya da "Platoncu" alan hakkında olduklarını hayal etmek bir hatadır, bir tür sınıflandırma hatası. Matematik teoremleri zaman dışındadırlar, çünkü gerçek hakkında değildirler. Buna karşılık var olan her şey zaman içinde var olmalıdır.

Var olmanın zaman içinde var olmakla sınırlı varoluş anlamına geldiğinde ısrarlı olursak, bize yüklenmiş eski metafiziğin tuzağını tersine çevirmeliyiz, ki bunda aslında var olan her şey (hakiki Varlık) sırf ebediyken, zaman içinde kalanların ise yalnızca görünüm, asıl gerçek olanların soluk yansımalarıdır. Eğer varoluş, zamanı gerektiriyorsa o zaman Varlık için de, mutlak ve aşkın Platoncu evren için de gerek ve yer yoktur. Ve de var olan her şey zamanla sarmalanmıştır. Çünkü var olmak için bir şeyin zaman içinde etkisini gösteren bir süreçle yaratılması gerekir ki önceden var olandan yeniyi yaratabilsin.

Birkaç bölüm önce tavuk-yumurta problemiyle ilgili şaka yapmıştım. Ama bu gerçekten ciddi bir husus. Tavuk-yumurta problemi, çoğu çocuğun farkında olduğu gibi çözümsüzdür. Ama böyle kalması tavukların ve yumurtaların ezeli ve ebedi kalmasına bağlı. Manzaraya zaman ve evrim girdiğinde problem çözülüp gider, çünkü açıkça yumurtalar önce gelir. Böylece bu basit şaka evrendeki yapının doğal seçim yoluyla nasıl oluştuğunu ortaya atarak bizi evrene Platoncu bakışın, bilgi felsefesini ve özellikle de nesnel bilginin ebediyen doğru olmasının gerekliliği beklentisini soktuğu hapisten kurtulmamızı sağlayabilir. Eğer gerçek olanlar zamanın içinde ve sınırıyla yaratılmışsa o zaman nesnel bilgi de -gerçeğin bilgisi- zamanla sınırlıdır.

Peki ya belirlenimcilikle çelişme? Biyoloji halinde, moleküller düzeyinde olan istatistik gürültü, biyolojinin işlediği sonlu sıcaklıklarda doğa yasalarının esasta belirlenimci olup olmamalarını biyolojik yapıların oluşumu bakımından anlamsız kılar. Dolayısıyla sıradan uygulamalar durumunda bir sorun yok, fizik belirlenimci olsa bile. Tabi, halen anladığımız kadarıyla kuantum fiziği belirlenimci değildir ama yukarıdaki vargıya gelirken daha önemli görünen şey, kesikli kuantum durumlarının varlığı, bilginin sahibi bir fiziksel nicelik olmasını sağlaması gerçeğidir.

Gene de soru en azından kuramsal düzeyde üsteliyor: eğer evren sırf önce de var olan matematiksel yasanın işleyişiye yenilik nasıl mümkün oluyor? Yasaların ebedi olmayabilmeleri ama aslında zaman içinde fiziksel süreçler olarak yapılandırılacakları bu ikileme yeni bir ışık tutuyor. Çünkü aslında fizik yasalarındaki parametrelerin gerçek zamanda yer alan kendi kendini örgütlemelerin istatistiksel süreçleriyle saptanıyorsa artık yenilik temel yasaların kendi düzeylerine dek mümkündür. Eğer bu, fizik yasalarındaki parametrelerin her bir basamağına akılcı bir açıklama olanağından vazgeçmekle kazanacağımız karşılıksa, bu belki de bir bedel olarak ödemeye değer.

Bu bakış açısı matematiğin özündeki bazı felsefi sorunlara da ışık tutabilir. Örneğin matematiğin temellerinde, kendine dönüş olanağıyla ilişkili çelişkiler bulunabilir. Bunlar, bir matematiksel savın kendi kendisine dayandırılabilmesinden ileri gelirler. Bunların en basiti yalancı çelişkisidir: Bir kimse "Ben yalan söylüyorum!" derse ne yaparız? Bu, uygun şekilde mantığa aktarıldığında Gödel teoremi olur ki bu da aritmetiğe ilişkin bir savın, kendisini de savlayabilme durumunda olduğunda kanıtlanamamasından ileri gelir. Bu teoremden öğrendiğimiz şu, aritmetik içerecek kadar karmaşık bir matematik ya tutarlıdır –yani çelişki içermez– ya da tamdır –yani buna ilişkin doğru olan her şey kanıtlanabilir– ama ikisi birden olamaz.

Bununla uğraşmak için matematiği zaman dışı bir gerçeklik olarak düşünmeliyiz. Eğer matematik ve mantığın hiçbir şey hakkında olmadığı ve var olan her şeyin zamanda sınırlı olması görüşünün yanındaysak artık bu zorluklar farklı bir ışık altında görünebilir. Bir bilgisayar ya da bir canlı gibi kendine dönüş ye-

tisi olan gerçek bir sistem kursak, yaptığımız şey bir geribesleme çemberi olur. Gerçek bir varlıktaki kendine dönüş, tam olarak onun bir an sonraki davranışının şimdiki davranışının bir fonksiyonu olabilmesidir. Gerçek bir sistemde kendine dönüş, zamanın içinde olan bir şey olarak anlaşılmalıdır.

Önceki birkaç bölümde gördüğümüz gibi geribesleme herhangi bir kendi kendini örgütleme sisteminin bir esas ögesidir. Kendi kendini örgütleme süreçleri ise evrenimize yapıyı veren şeylerdir. Demek ki, bilgiyi zaman dışı olarak görmeye çalıştığımızda çelişkiye götüren kendine dönüş, bunun yerine gerçek evrende zaman içinde etkiyen gerçek bir süreç olarak yapı ve örgütlenmeye götürüyor.

Mantığın özündeki en temel işlem ayırım yapmadır. Evrenin bir parçasını bir diğerinden ne zaman ayırsak ya da ne zaman kimi şeyleri içeren kimilerini hariç tutan bir küme tanımlasak bunu yaparız. Gerçek evrende ayırım yapmak mümkündür çünkü yapı ve çeşit dolu bir evrende yaşıyoruz. Kendi kendini örgütleme, içkin süreçlerin sonucu olduğu ölçüde, mantığı mümkün kılanın kesinlikle, kendine dönüşün mümkün oluşu olması düşünülebilir.

Sonuçta temel fiziğin dayandığı söylenebilecek iki çeşit matematik farklı biçim kavramlarına ve bunun nasıl ortaya çıktığına indirgenebilir. Örneğin bir çiçeği ve bir [düzgün] onikiyüzlüyü düşünelim. Her ikisi de güzel ve düzenli olup çiçek geometrik yapıdan daha az simettrili görünmeyebilir. Farkları her birinin yapı şeklinde olabilir. Onikiyüzlü belli bir simetri grubunun kesin bir göstergesi olup simgelerle bir satırda yazılabilir. Mükemmel bir örneğini çizemesem de oldukça iyi bir gösterimini kâğıt, makas ve zamkla ya da bir bilgisayar kodlamasıyla yapabilirim. Bunun tersine, çiçek mükemmel değildir. Yakından incelediğimizde simettrili görünse de herhangi bir ideal biçime tam uyduğu görülmez. Bir çiçeğin biçimi, trilyonlarca hücreindeki DNA'nın sarmalından ta yapraklarının düzenlenmesine kadar çoğu kez bir simetri gösterir ama bunu tam belirlemekte hep başarısızdır. Mükemmel olmasa bile bir çiçek yapabilmemin bir yolu yok. Bu, geçmişin derinliklerine uzanan bir engin sistemin bir ürünü olup güzelliği, artıp duran evrimin milyarlarca yıllık sonucudur: kör, istatistiksel süreçlerin biriken keşiflerinin. Anlamı ise diğer pek çok organizmayı ilgilendiren çok daha geniş bir ekolojik sistemin içindeki işlevidir.

Yapının böylesi bir süreçle oluşabilme olanağından ne eski Yunanların ne de Kopernik devrimini yapan fizikçilerin haberleri vardı. Evrenin güzellik ve düzenini açıklamakta ise ebedi, Platoncu matematiksel biçimin yansımaları temsil ettiğini söyleyen düşten gayri hiçbir almaşıkları yoktu. Şimdi karşılaşmak zorunda kaldığımız soru ise fiziksel kuramımız bu kavrayışla sınırlanmış mıdır, yoksa düzenli bir evrenin yapısında doğal seçim gibi kendi kendini örgütlenme süreçlerinin mümkün olabileceği yeni bir olanaktan yararlanacak mıyız? Sonuçta sorumuz, evrenin daha çok, onikiyüzlüye mi yoksa çiçeğe mi benzediği.

Bilim tarihinde matematiğin gücünü gösterecek, Johannes Kepler'in 17. yüzyıl başlarında gökyüzündeki devinimlerin düzenini keşfetmek için gösterdiği çabaların öyküsünden daha kuvvetli bir sav yoktur. Onun ve diğer çağcılları için kozmos güneş ve altı gezegen ile onları kuşatan yıldızlar küresinden ibaretti. Bizler gibi Kepler'in'de probleminin bir parçası, evrenin biçimini baştan başa güden parametrelerin aldıkları değerlerin niye öyle olmak gerektiğini anlamaktı. Kepler için bu parametreler o zaman bilinen altı gezegenin yörüngelerini betimliyorlardı.

Kepler'in yaratıcı bir ruhu ile yeğîn bir hayal gücü vardı. Ara-yışlarının ürünleri arasında yörünge hareketinin temel yasaları bulunuyordu. Ama bunlara ilişkin bilgi edinmek bu adamın engin uzgörüsünün ancak yüzeyine değeri. Zira, bugün Kepler'in adıyla andığımız yasalar kozmik devinimlerden düzen çıkartmak için şaşırtıcı bir çaba çeşitliliği içermekte. Hayal ettikleri arasında altı gezegenin, yörünge hızlarıyla orantılı notaları seslendirdikleri bir orkestranın üyeleri olması da vardı. Güneş çevresindeki gezintilerinde hızlarının artıp azalması, kürelerin uyumu diye adlandırdığı değişip duran bir senfoniye seslendiriyorlardı.

Dehasının sırf bir gölgesini bile ödünç alsak evrenin gerçekten de büyük bir uyum içinde olduğunu onunla birlikte düşleyebiliriz ya, lâkin kullandığı ölçek yanlıştı. Kozmik orkestranın çalgıları gezegenler değil, temel parçacıklar ve kuvvetlerdir. Seslendirdikleri ezgiler, atomlar, yıldızlar, süpernovalar, gökadarlar; senfonileri ise evrenin tarihi. O günden beri öğrendiklerimizin hepsi Kepler'in uzgörüsünün doğru olduğunu söylüyor. Böylesi güzel ve çeşitlenmiş müziği yapmak için çalgıların tümü akortlu olmalı.

Eğer bir evren ısmarlamak isteyip orkestrayı akort etmeyi savsaklarsak elimize yalnız kaos ve gürültü geçer. O zaman olduğu gibi, bugün de soru, bütün bu uyuma fiziksel neden ve etkilerle açıklamanın getirdiği kısıtların dışına çıkmadan bir anlam verip veremeyeceğimiz.

Kepler, özünde bir gizemciydi, yani kör ve tarihsel süreçlerle ayarlanmış bir evren yerine, güzel bir matematiksel ilkeyle kesin olarak yansıtılan bir evreni tercih eden birisi. Bu bakımdan birçok çağcıl kozmoloji kuramcısı onun ahfadı sayılır. Ama sonuçta Kepler'i büyük yapan, uzun yıllar gezegenlerin gökteki devinimlerinden gelen seslerin kayıtlarını dinlemekle uğraşırken önyargılarını bir yana bırakmaya razı olmasıydı. Böylece on yıllık çabalama sonunda gökteki gezegenlerin devinimlerindeki elipslerin seslerini işitebildi; oysa kendisi de ondan önce gelenler de kulaklarını yalnızca çemberlerin seslerine ayarlamıştılar. Sonuçta da kürelerin uyumunu yeterince yakından dinlersek ya evrenin ardındaki temel matematiksel düzenin işareti olan keskin matematiksel aralıkları duyarız ya da kör ve istatistiksel süreçlerin silemeyeceği kaba gürültünün kalıntılarını.

*Böylece felsefenin temel sorusu tamı tamına:
Bize ne verildi?*

—Stanley Rosen.

Bugün felsefenin karşısındaki ana problem inanç olmadan bilgi edinmek.

— Paola Brancaloni

ON DÖRT

FELSEFE, DİN VE KOZMOLOJİ

En azından 17. yüzyıldan beri Batılı filozofların ve bilim insanlarının yazdıkları, evrene ilişkin bilginin tamamını edinme tutkusuyla çınlamakta. Kopernik ve Newton'dan Maxwell ve Einstein'a dek fizikçilerin yazdıklarında, evrenin akılcı bir temele dayanarak yapılmış olduğuna ve insanların bu akılcılığı anlaşılır bir dille gösterebilmesinin mümkün olabileceğine olan inancı görürüz. Ayrıca Descartes ve Leibniz'den Kant ve Hegel'e, büyük felsefi sistem kurucularının tutkularında ise, evrenin bütün anlam ve biçimini, en azından bizim algılayabildiğimiz şekliyle saf düşünce uygulaması yoluyla keşfetme hevesini görürüz.

Bu bilim insanları ve filozofların çoğunun yazdıklarında, hem evreni hem de zihinlerimizi akılcı bir Tanrı yaptığı için evrenin akılcı ve açıklanabilir olduğu inancını da buluyoruz. O zaman da evreni anlama tutkusu zihinsel olarak Tanrı'nın yerini tutup evreni yaratıcısı gibi, dışından görme tutkusudur. Kimileri için – Newton gibi– bilimsel bilgi arayışında dinsel destek açık ve hatta kutsanmıştır. Ama böylesine insansı bir Tanrı'ya inancı yadsıyan Einstein bile birçok yazdıklarında "O"nun sırlarına olan iştiağı görülebilir. Gerçekten de kendi yaşam öyküsü notlarında, dinle ilgili derin düş kırıklıklarının ardından bilimde bir aşkınlık ve

On dokuzuncu yüzyılın sonunda bir Avrupalı seküler delikanlıya daha yatkın bir mutlakla özdeşleşmeyi araştırmayı keşfeden bir genç adamı buluruz.

Gerçekten de fizikte beni ilk yakalayan, Einstein'ın yazdıklarında bulduğum bu aşkınlık vaadi olmuştu. Böylece ders kitapları yerine bir üstatla başlayınca, kendime mal etmek istediğim bilimi, onu icat edenlerin özgün yazılarından okumaya başladım. Şüphesiz eski kitaplardan bir şey alabilmek için, bırakın bilim tarihini, genel tarih temelinden de yoksun olunca, benim için anlamı olanları alıp gerisini kavranamamış bırakarak yüzeysel ve seçici okumayı öğrendim.

Çok farklı bir dönemin, yetişmesinde dinden çok Marksizm ve gizemcilik bulunan seküler bir çocuğu olarak Newton'ın, Kopernik'in Kepler'in, Descartes'in ve Einstein'ın yazdıklarında Tanrı'ya olan atıfları atlardım. Ancak sonraları, bunlarla ilgili konuları öğretmeye hazırlanırken bu kurucuları yeniden okudum ve doğruyu bulma arayışlarının ne denli Tanrıyı arayış olduğunu keşfettim.

Bilimi kuranların Tanrı'ya atıfları bana akla yakın gelmedi, çok yabansı ve çok gereksiz göründü. Bilimin, doğanın doğruları için herhangi bir indirilmiş öğretilen daha iyi bir yol olduğundan kuşulanılabilir mi? Ama şimdi bu bize apaçık geliyorsa onlar da en azından, başladıkları şeylerin neler getirebileceğini anlayamazlar mıydı? Şüphesiz ortada Galileo'nun mitosu, belki hatta gerçekliği var. O, olmayan dindarlığı ve bireysel aklın yargı gücüne olan inancıyla yüzyıllar ötesinden bize bir kardeş gibi seslenmekte. Ama her ne kadar Katolik kilisesiyle kavgası şimdi kutlanıyorsa da o, fiziği yapan büyük görüşlüler arasında yaratıcının aklını merak etmede yalnızdı. Fiziği kuranların hemen her birisi, arayışları ve Tanrıyı arayışları sanki bir ve aynıymış gibi yazmışlardı. Kaç kez, gece geç saatlere dek okurken, Newton ve diğerlerinin yarattıkları akılcılığı Tanrıyla özleştirmelerindeki akıl dışılığın çelişkisiyle yüzleşmelerinin mümkün olmasını dilemiştim.

Evreni açıklayacak bilimsel bir kuram kurma tutkusu, on yedinci yüzyıldan yirmincinin başlarına dek algılanan şekliyle, Tanrıyı bilme arayışıyla çok şey paylaşmıştır. Her ikisi de, mutlak olanı ve -güzelliği ile düzenini, kendi "arkasındaki" ebedi ve aşkın

gerçekliğe atfeden– evreni anlama arayışıdır. Bu yüzyıllar boyunca Avrupa kültürünün –bilimler, felsefe, teoloji ve sanat– oluşturulmasının çeşitli yanlarında evrenin –yaşamlarımızın çeşitliliğini ebedi ve değişmeyen daha geniş bir gerçekliğin içinde öğütecek olan– mutlak ve nesnel bir görünümünü kurma çabası görünmektedir. Söz Tanrıdan da edilse ebedi ve evrensel bir Doğa Yasasından da, çevremizde gördüğümüz uyumluluktan sorumlu olan akılcılığa egemen olan fikir evrende olmayıp onun arkasındadır.

İnancım şu ki bilimde şimdi olanlar kısmen, evrene bu özde dinsel bakışın etkileyişlerinden zorunlu bir kurtulma sürecidir. Genel göreliliği, kuantum kuramını, doğal seçilimi ve de yeni disiplinler olan karmaşık ve kendi kendini örgütleyen sistemleri bir araya getiren şey, bunların bütünüyle kendi kendine dayanan bir evreni, hiçbir harici akla –onun mucidi, düzenleyicisi ya da dışarıdan gözleyeni olarak– gereksinmeden betimlemeleridir. Bunlar hep evrenin daha akılcı ve daha tam kavranışına yönelik, bildiklerimize daha çok, geçmiş kuşaklardan bize dek gelen mitoslara daha az dayanan adımlardır. Böylesi bir bilim iki amacı tatmin edebilir. Bunlar en azından içkin olarak güncel araştırmaların amacı olan, evrenin dinamik sistemi dışında kalan sabit ebedi çerçevelere başvurmaya gereksinmeyen bir kozmoloji bilimi kurmak ve içinde yaşamın doğal ve kavranabilir bir yeri olan fizik ve kozmoloji sağlamaktır. En önemlisi bu kitapta ileri sürmeye çalıştığım gibi, bu iki amacın gerçekleşmesi, bunların sıkı sıkıya ilişkili olduklarını anlamamızı içerir. Böylece varlığımıza konukseverlik eden bir evren, aynı zamanda da bir dış aracıya veya zekâya başvurmak gerekmeden kavranabilir tam bir evren olabilmelidir.

Öykünün hâlâ anlatılacak, uzay ve zaman ile bunlarla kuantum arasındaki ilişkiyi ilgilendiren bir parçası var. Ama şimdiye kadar gördüklerimiz varken bile üzerinde durduğumuz birçok tartışmalı sorunun sonucu ne olursa olsun yeni fizik ve kozmolojinin –bunların önemliliğini tamamıyla takdir edebilinceye kadar– yüzleşmemiz gereken birkaç felsefi soru çıkardığı apaçık. Bunlardan, daha önce de değindiğimiz bazıları şöyle:

Temel düzenlilikleri, temel ve mutlak bir yasadan değil de tarihsel bir süreçten doğan bir evreni kavramak ne ölçüde mümkün?

Dışından zorlanan bir yasayla yapılanmış –bugüne dek Platon’un kozmolojisinden tasarlanmış– bir evreni tasavvur etmek, evrenin düzenliliklerinin hep gerçek zamanda yer alan kendi kendini düzenleme süreçlerinin sonuçları olduğunu hayal etmekten niçin daha kolay?

Evrenin doğrudan gözleyemeyeceğimiz bölgelerini varsayan ve bundan gerçekleştirilecek öngörüler çıkaran bilimsel bir kozmolojiyle baş edebilir miyiz? Kim oluyoruz ki evrenin çoğunu ilke bakımından gözleyebilemeyeceğimizi öngören kozmoloji kuramları kuruyoruz?

Bunlar, evren sonlu bir süredir varsa, doğa yasaları da olsalar, matematik teoremleri de, ebediyen doğru olabilecek şeylere akıl erdirmek ne anlama geliyor?

Doğal seçim kuramı ne tür bir bilgiyi temsil ediyor? Bu kuram sırf bir mantık uygulaması mı, olasılık mı, yoksa deneysel bir içeriği var mı? İçinde biyoloji olan ama doğal seçim kuramının doğru olmadığı bir Dünya hayal edebilir miyiz?

Gödel ve diğerlerinin tamamlanamazlık teoremleri, evrenin esas itibarıyla matematiksel olmasına ilişkin Platoncu bakış için ne anlama geliyor?

Evren basit ve evrensel bir yasanın işleyişiye nasıl oluyor da yenilik mümkün olabiliyor?

Açıkça itiraf etmeliyim ki profesyonel bir felsefeci değilim; böyle problemlerin tartışılmasına ise felsefe geleneğinden kendi kendime ve kopuk kopuk okuduklarımı getiriyorum. Dolayısıyla buradaki hevesim felsefe sorunlarını sırf ortaya atmak, onları çözmek değil. İzleyecek sözleri yerinde göstermek için söyleyebileceğim belki de tek şey, bunlar gibi hem felsefi hem de fen bilimde karşılaştığımız ikilemlerin bildirdiği soruları inceleme gereği olduğudur. Ellerini bilim çalışmalarının karmaşası ve ayrıntılarıyla kirleten bizler bu işi bitirmek için en iyi konumda olmayabiliriz ama belki bunu başlatmaya yardımcı olmak için bizden de bir şeyler gerekebilir.

Şüphesiz pek çok profesyonel bilim felsefecisi var. Bunların kimileri fizik ve matematikte gayet iyi eğitilmiştir. Gene de birkaçıyla yaptığım görüşmelerden pek çok şey öğrendiysem de yanlarından ayrılırken sık sık bize fazla nazik davrandıkları duygusu-

na kapılıyorum. Örneğin ben kimi zaman kuantum kuramı felsefesi uzmanlarının kendi rollerini, kurama ilişkin konuşma tarzımızı temizlemek olarak gördükleri izlenimine kapılırken birçok fizikçi ise problemin daha derin olduğunu düşünüyor. Kuantum mekaniğinin yorumuna ilişkin gerçekten kötü fikirleri ayıklamak yardımcı olabilir, ama ya –görünüşe göre olası da görünen durum– sonunda problemin elimizdeki sınırlı bir yanlış yorum değil yanlış bir kuram olduğu çıkarsa? Felsefeciler olmasaydı, bize kuantum kuramının ya da kurduğumuzdan bir diğerinin hiç de anlamlı olmadığını söyleme cesaretini kim bulacaktı? Geçmişte Leibniz gibi filozoflar fizikçilere zıvaladıklarını söylemekte hiç tereddüt etmemişlerdi. Peki, en azından bu kadar riskteyken niçin şimdi felsefeciler suskun?

Felsefeciler kesinlikle bol bol ayıklama yapmaktalar; ben de bu tartışmaların –felsefe için çok önemli olsalar bile–pek azının güncel bilimin buhran noktalarına değinir görüldüğünü söylersem belki de cahilliğim yüzünden haksızlık ediyor olurum. Eğer daha çok bilim insanı güncel felsefenin çoğunun kodlandığı zor –ve eğer tabiri caizse zarif olmayan– düzyazıyı anlayabilse bizi sıkıntıya sokan kimi sorulara yanıt bulabilmemiz mümkün olabilir. Kesinlikle aldığım izlenim ise felsefenin içine düştüğü karmaşanın bir kısmı, üzerinde durmakta olduğum durumla yani kurucularının dinlerinden gelen kökleriyle yirminci yüzyıl biyoloji ve kozmolojisinden gelen gerçek olgular arasında sıkışmak gibi aynı kökeni paylaşmakta.

O zaman da felsefenin, fizik ve kozmoloji karşısındaki derin sorunlarla ilgisi olmayan nedenlerden ileri gelen bir bunalımda olduğu söylenebilir. Bu ise, felsefeyi kozmolojinin geleceğiyle ilgili tartışmalara getirmenin bir diğer sebebi olabilir. Ama bunun ötesinde, kozmoloji kuramları kurma amaçlı güncel girişimlerimizin doğurduğu ikilemleri savuşturacak bir yol bulacaksak felsefe üzerinde durmamız için başka bir neden daha var. Leibniz ve Kant gibi filozofların, bu hususların bazılarını farketmiş olmaları ve bize söyleyecekleri yararlı bir şeyler olabilmesini de pek azımsayamayız. Bunun ötesinde metafiziksel projenin yazgısı temel fiziğin içinde bulunduğu güncel kriz için anlamlı olabilecek görünüyor. Çünkü yöntem kullanımları ne denli ayırık olursa olsun

kuramsal fiziğin hevesiyle metafiziğin hevesi arasında bir çekicilik bulunuyor. Her ikisi de çoğu zaman, evrene ilişkin keşfedilecek ve "ötesi olmayan," farklı şekillerde temel bir yasa ya da asıl, yani doğru Varlık olarak kavradıkları bir mutlak gerçeklik olduğunu varsayar. Her ikisi de Herakleitosçu "Doğa saklamayı sever" öğretisinden esinlenerek en ulu amaçlarının, evrenin görünüşlerinin ötesinde aşkın ve ezeli gerçeklikleri araştırmak olarak görmekteler. Her ikisinde de, çevremizdeki evrenin tamamen gerçek olmayıp sadece, gözlerimizin kurduğu bir tür film olduğunu savlayan bir gelenek sürmekte. Hem temel fiziğin hem metafiziğin farklı şekillerde keşfetmek için çabalamakta olduğu doğru gerçeklik, doğru varoluş bu görünüşlerin ötesinde yatmaktadır.

Avrupa felsefesinde büyük metafizik filozofları dönemi, insanların Newton'ın icat ettiği doğa görünüşüne inandığı, kabaca 18. ve 19. yüzyılları kapsayan dönemle örtüşmekteydi. Bu bir raslantı değil, çünkü Newton'ın doğa kavrayışında, kökleri mutlak ve aşkın bir Varlık içinde olan bir evren arzusuyla yakınlığı olan çok şey vardı. Dahası, bir insanın doğanın mutlak ve ötesi olmayan yasalarını keşfetmiş olması fikri filozoflar için hem bir muamma hem de bir meydan okumaydı. Böyle bir edim, özellikle Descartes, Berkeley ve Hume'un öğrettiği, duyularımızın verdiği izlenimlerden kuşkulananma olanağı söz konusu olduğunda nasıl mümkün olabilirdi? Ama öyle görünüyor ki bu olmuş bile. Yani filozoflar, insan aklının sırf deneysel olanın ötesindeki doğruları da kavrama olasılığı bulunduğunu düşleyebilecekti.

Newtoncu fiziğin çökmesiyle başlayan yüzyılımızın, metafiziğe büyük bir tepkiyle başladığını görmesi de pek sürpriz olmamalı. Metafiziği eleştirmek mantıkçı pozitivistlerle başladı. Bunlar bir cümlelerin sahip olabileceği tek anlamın onun deneysel gerçeklenmesi için sağlanacak koşullar olduğunu öğrettiler. Fakat belki de bunun en derin ifadesi, düşünce ve bilginin sınırlarını önce mantıktan, sonra da dilden keşfetmeye girişmiş olan Ludwig Wittgenstein'in yapıtlarında bulunmakta.

Şüphesiz Newtoncu fiziğin çökmesi yirminci yüzyılın metafizik karşıtı hareketlerin doğuşunu görmesinin tek sebebi değildi. Bilimsel bilginin belirsizliği sorunu yeni değil. Newton'ın yanlış oluşu, yalnız Leibniz'i değil Berkeley ve Hume'u okumuş olanlar

için tam bir sürpriz olamaz. Felsefenin neleri becerebileceğine ilişkin kuşkuculuğun artmasının bir sebebi, sadece metafiziksel tutkunun denenmiş olduğu ama sonuçların pek cesaret verici olmamasıdır. Her ne kadar Hegel ve diğer ulu metafizikçiler hâlâ okunup üzerlerinde çalışılmakta olsalar da esas projelerinin kuşkusuz çökmüş olduğu açıkça görünüyor. İnsanlar sırf düşünerek Varlık hakkındaki –görünüşlerin ardında, eğer varsa ne olduğu hakkındaki– doğrulara varamazlar.

Felsefe tarihinde pek çok kimse bilimin, görünüşlerin ardındaki mutlak gerçekliğe götürebileceği fikrine karşı akıl yürütmüştür. Bu tartışmaya yeniden girmek istemiyorum. Gerçek varlığın mutlak evrenine inmek için deneysel bilgi merdiveni- ne tırmanmanın ve mantığın kanatlarıyla uçmanın bir yolu yok. Ama sanırım yeni betimlediğim durum değişik ve daha zor bir soruyla yüz yüze gelmeyi sağlıyor. Bu, görünüşlerin ardında mutlak ve ebedi bir gerçekliğin bulunduğu kavrayışında bir yanlışlık olabileceğidir. Eğer mümkün olan bilgiler, içinde yaşayıp etkileştığımız görünüşlerin evrenine ait bilgilerse, evrenin gerçekliği niçin bir şekilde görünüşlerin ardında, kalıcı ve aşkınca- sına mutlak bir Dünyada olsun?

Evreni, görünüşlerimizin sırf gölgesi olduğu, kimi hayali mutlak varlıklardan kurulu olmak yerine doğru örnekleri olan bir ilişkiler ağı şeklinde kurulmuş olarak kavrayamamamız için herhangi bir neden var mı? Her nesnenin birbiri üzerindeki etkilerinin yanı sıra, niçin bir “kendinde şey” olmalı? Bu bir diğer soruyla bağlantılı: Eğer doğa yasaları yalnızca mantık ilkelerinin ve olasılığın, kendi kendini örgütleme süreçlerinden çıkan işleyi- şisi ise, yine de bu süreçlerin etkileyeceği temel parçacıkların var olması gerekmez mi? Ve de bunların *birtakım* evrensel yasalara uymaları gerekmez mi? Belki de doğal seçim, kendi kendini ör- gütleme ya da gelişigüzel dinamik gibi bir ilke, standart model parametrelerinin oldukları değere nasıl geldiklerini açıklayabi- lir. Ama tıpkı biyoloji birleşimlerini, kendi kendini örgütleme ve doğal seçim ilkelerinin etkilemesi için molekülleri gerektiri- yorsa, fizik de yasaların etkilemesi için birtakım temel nesneler

¹ “Ding an sich,” Kant’ın, felsefesinde “olgu kendisinin ötesinde bilinemez ve tanımlanamaz” anlamında koyduğu bir terim –çn.

gerektirmez mi? Evren örgütlenme ve ilişkilerin ötesinde de bir şeylerden oluşmak zorunda değil mi?

Bu soruların yanıtlarını bilmiyorum. Bunlar gerçek zor sorular sınıfına giriyorlar, tıpkı bilinçlilik problemi ya da evrende niye hiçbir şey olmaması yerine bir şeyler bulunması problemi gibi. Sonunda olan ise evrenin var olmasının sebebi nedir? Gerçekten de ne denli ilerlerse ilerlesin bilimin bu soruları anlamamıza nasıl götürebileceğini düşünemiyorum. Sonuçta belki gizemciliğe de bir yer kalması gerekecek. Ama gizemcilik, gidermek istediğim tek şey olan metafizik değil. Wittgenstein'ın *Tractatus*'unda dediği gibi "Gizemli olan evrenin *nasıl* olduğu değil, ama *var olduğu*!" Belki bilimde, felsefede olduğu gibi, metafiziksel fantezilerden –görünüşler peçesinin arkasındaki ebedi bilinmezlikte mutlak bir varoluş düşü- kaçınarak, kendimizi gerçek gizemli olanın yakınlarına sokabiliriz.

Bu sahici felsefe sorularını bırakıp, bilimsel bir kuramın nasıl olması gerektiğine ilişkin beklentilerimiz üzerindeki felsefi peşin fikirlerimizin etkileri sorununa geri dönelim. Köktenci atomcu bakış açısı fizikçi ve felsefecilerin zihinlerini öylesine etki altına almış ki, mutlak ve ebedi özellikleri bulunan bir nesneler Dünyasının varlığı neredeyse aksiyom olarak görünmekte. Bu bakış açısının ötesine geçmek istiyorsak bunun niye bu denli gerekli görüldüğünü anlamaya çalışabiliriz. Fizikçilerin en yüksek hedefinin niçin bu ebedi gerçekliğin mantığını yakalayacak olan bir ötesi olmayan kuramın kurulumu olduğu, neredeyse evrensel olarak hissediliyor?

Şunu önermek isterim: belki de yanıt köktenci atomculuğa –temel parçacıkların davranışını güden ötesi olmayan ve mutlak bir kuramın varlığına– inanış, bilimsel bir özlem olduğu kadar dinsel de olabilir. Savımı bilgece geliştirmeye çalışmayacaksam da, mutlak ve kesin bir ötesi olmayan kuram keşfetme tutkusunun, tamamıyla atomcu ve indirgemeci kalsa bile son dört yüzyılın Avrupa uygarlığındaki köklerinde olduğunu açığa çıkardığını düşünüyorum. Böylece buna süregiden bağlılığımız, evreni kavrayışımızı tamamıyla ayarlamaktaki genel zorluğu yansıtmaktadır. Böylece tutkularımızın biçimlenmesindeki, Newtoncu evren alaşağı edildiğinde yitirilen *mutlağa hasreti* hâlâ görebiliriz.

Kimi zaman fizikçilerin böyle bir temel kurama inanmayı, bir Tanrı inancına bir panzehir olarak ileri sürdüğünü görürüz. Ancak, kimi zaman da böyle bir kurama inanma, bir Tanrı'ya inanmaya panzehir değil de daha çok bir yerine koyma diye görünebilir. Ve de tıpkı bir Tanrı gibi, bir temel kuram da bir bakıma evrenden önce var olmalı ki evrendeki nesneler, buna gerçekten evrenin yaratılışının ilk anından başlayarak uyabilsinler. O zaman da bir temel kurama göre kurulmuş bir evren –asıl evrenden önce ve bağımsız olarak var olan bir akıllılığa uyarak yapılışında– Tanrı'nın yaptığı bir evrene çok benzer. Böyle bir etmen evrene etki yapan bir şey olup, temel bir yasa da olsa Tanrı da, asıl evrenin geçmişinde gerçekten yer alan hiçbir şeyden etkilenmemiştir.

Demek ki bir ötesi olmayan kurama inanış ile bir Tanrı'ya inanış, bu evrende olanların en üstün sebebinin, bu evrende yer almayan ama bir şekilde onun ötesine geçen bir varoluş fikrini paylaşır. İşte bu nedenle bir Tanrı'ya inanışın da bir ötesi olmayan kurama inanışın da bağlantılı olduğu şey, Dünyaya ilişkin gerçekten doğru olan şeylerin çevremizde gördüğümüz nesneler hakkında olmayıp aslında ezeli ve aşkın bir evrene ilişkin olduğunu söyleyen metafiziksel fikirdir.

Fiziğin bir ötesi olmayan –yani temel parçacıkların özelliklerini evrenin geçmişinden bağımsız olan ilk ilkelerle saptayan– kuram keşfetmeyi hedeflediği fikrinden caymayı amaçlıyorsak ortaya bir sorun daha çıkıyor. Çünkü tek ve ötesi olmayan bir kuramın varlığı fikrinden cayarsak, sanki evrene ilişkin tam ve nesnel bir betim edinme olanağından da cayacak gibi görünebiliriz. O zaman da eğer bir bilgi bize görünüşler evreninin nelerden yapılmış olduğunu söyleyemezse bunun nesnel bir bilgi olması mümkün mü?

Aslında bu soruya verilecek yanıtın evet olduğunu ileri sürmek isterim. Bir kere bu; aslında ötesi olmayan kuramı keşfetmeye ya da asıl Varlığı yakalamaya can atmanın nesnel bilgi edinme projesine gerçekten yardımcı olması durumu değil. Çoğu kez –mümkün olabildiği kadarıyla– nesnel bilginin, öznel görünüşlerin ötesindeki bir tür mutlak gerçekliğin bulunduğu varsayılması olduğu doğrudur. Ama bana öyle görünüyor ki görünüşler evrenini özelleştirmek bir tür sınıflandırma hatasıdır. Kendimize, içinden tüm mümkün olan bilgiyi çıkartmak için verdiklerimiz, evrenin

görünüşlerinden başka bir şeyler değildir. Eğer nesnel bilgi diye bir şey varsa bu görünüşler evrenine ilişkin bilgi olmaz mı? O zaman da herhangi bir gerçek bilgiyi sırf görünüşlerden çıkarsamak mümkün olmaz mı? Evrende yaşayan gözlemciler olarak bizlerin başkaca seçeneğimiz var mı?

Nesnel bilginin görünüşlerden başka bir şey olması fikri, gözlemcilerin/insanların gördüklerinden bir şekilde daha doğru olan bir evren görünüşü bulunduğu sanısını da getirmiyor mu? Böyle bir bakış evrendeki gözlemcilerin tam olmayan ve güvenilirliği eksik olan görüşleriyle sınırlı olmaz. Bu, olduğu gibi, evrenin bütünlüğünün bir görünüşü olabilir.

Ama böyle bir görüş evrende yaşayan herhangi bir gerçek gözlemcinin görüşü olamayıp, yalnızca evrenin dışında kalan bir hayali varlığın görüşü olabilir. Bu şekilde, görünüşlerin ardında bir evren olması fikri, evrenin, görüldüğü her bağlamda kendi dışından da bir görünüşü olduğu düşünüyü de birlikte getirir. Ve de bu düşü kapıldığımızda nesnel bilginin varılabilecek kanıtı evrenin içinden gelecek herhangi bir tamamlanmamış görüşten değil, bu dışarıdan gelen her şeyi kapsayan görüşten gelmelidir. Demek ki evrenin dışından gelecek bu görüşün mümkünlüğüne inan birisi; nesnel bilgiyle, görünüşlerin ardındaki mutlak evren bilgisini özdeşleştirmeye yönlendirilecektir.

Böyle bir bilgi mümkünse, o zaman buna varmaya kesinlikle can atarız, çünkü kesinlikle, hepimiz kendi konumumuzdan kurtulmuş olan bilgiyi edinmek isteriz; tıpkı hepimizin ölmek istememiz gibi. O zaman da soru şu: böyle bir görüş mümkün mü? ya da hiç olmazsa kavranabilir mi?

Böyle bir görüşe erişebileceğini düşünmüyorum. Bunu hem görelilik kuramından hem de kuantum kuramından öğrenebiliriz. Ancak, sanırım böyle bir görüş fikrinin kavranabilir. Tanrı görüşü genelde böyle anlaşılmaktadır. Aristotelesçilere göre evrenin bir sınırı bulunur ve Tanrı bunun dışında yerleşmiş olarak tüm yarattıklarına dışarıdan bakmaktadır. Ama Newton'ın sonsuz kozmosunda bile Tanrı, sonsuz uzayın bütünlüğü onun hem yerleşim yeri, hem de her şeyi algılama aracı olarak kavrandığından, sanki dışarıdan bakmaktadır. Çünkü fiziğin Newton fiziğinden edinilen görünüşü, her şeyin kesinlikle dışından görüldüğü gibi –yani göz-

lemcinin tüm bunların farkında olmaktan başka işlevi olmadan-betimlenmesinden gelmektedir.

Ama burada, evreni anlayışın dinsel değil de bilimsel olmasını seçenlerimiz için bir sorun çıkıyor. Eğer bütün evrenin yalnızca dışından okunabilen bir görünüşü varsa bu Tanrı'nın gördüğü olmalıdır. Başka kiminki olabilir ki?

Bu da, görünüşlerin ardındaki mutlak gerçeklik fikrinin dinsel bir fikir olduğu kanısı için bir diğer neden olmakta. Açıkça dinsel olmayan modern biçimlerinde bile fizikte evrenin yalnızca onun parçası olmayan bir gözlemcinin görüşü olarak okunabildiği bir resmini kurduğumuz kanısı da, evrenin mutlak bir gerçekliği kapsadığına ilişkin mümkün bir sanıdan bütünüyle soyutlanamaz. Bunun bizim için olanaksız olması ise, bir Tanrı'nın varlığını değilse de en azından mümkün olduğu anlamına gelir.

Bu durumun bir almaşığı var mı? Evrenin bilimsel anlaşılabilirliğine olan inanç bütün evrenin, herhangi bir kişinin değil de sırf, doğadan ayrı ve onun dışında bir varlığın bakışı olabilecek bir görüşün mümkün olma düşünüyü gerektirmek zorunda mı? Bu şekilde de bilim hep mucit ve ilk uygulayıcılarının dinine götürmek zorunda mı kalacak? Ya da evrenin tam ve nesnel bir betimine can atarken betimin evrenin dışındaki bir varlığın görüşü olarak okunması olanağını yadsıyan bir bilimi hayal etmek mümkün mü?

Bu sorunu yanıtı evettir. Kitabın geri kalan kısımlarının amacı; görelilik ile kuantum kuramını birleştirme işinin nasıl hem böyle bir bilimi geliştirmeyi istediğini, hem de bunun nasıl başarılabilirliğinin önerilmesi olacak. Betimleyeceğim yeni gelişmeler, sırf yapısı sayesinde evrenin dışındaki bir gözlemcinin bakışı olarak okunması olanağını kendisi yadsıyan evrene, bir nesnel bakış dokuyabilme yaklaşımını hayal etmenin gerçekten mümkün olduğunu söyleyecek. Bu nedenle de, modern kozmolojideki güncel krizin; bilimin, sonunda kurucularındaki dinsel ve metafiziksel inançları aşmak için bir fırsat olduğunu söylemek pek abartılı olmaz.

Ama bunu yapmadan, epeyce etkileyici bir düşünüş olan, evrenin bizler için yapılmış olması –yani insancı ilke– fikrini temizlememiz gerekiyor.

İNSANCI İLKENİN ÖTESİNDE

Bir tür fikir var; yanlış, ama bunlar aynı zamanda bilimdeki gelişimin belli bir aşamasında gerekiyor. Temel parçacıkların uzayda yer kaplamayan noktalar olarak kavranışı ve Yer merkezli evren bunlara örnek. Böyle fikirler gerekiyor, çünkü belli gözlem kümelerini elimizdeki günlük dillerle ifade etme olanağı sağlıyorlar; yoksa bunlara anlamlı bir formülasyon bulamıyoruz. Sonraları da yeni gözlemler, önceki fikirlerin yerine geçecek yeni kuramsal çerçevelere dayanak olabilirler.

İnsancı ilke, sanırım böyle bir fikir. Bu, eski metafiziğin bir kalıntısı olup üzü, her şeyden çok önceki bölümde üzerinde durduğum mutlak olana özlemin gücünü göstermekte. Ama insancı ilke, aynı zamanda da kozmolojinin gelişmesinde günümüze dek yararlı bir işlev gördü. Bu bölümde ise artık bunu bırakmanın zamanı geldiğini savunmak istiyorum ya, bunu ilkeyi hem öne sürenlere ve geliştirenlere hem de bu noktaya kadar gördüğü işleve olan büyük saygımızı bir yana koymadan yapmalıyım.

İnsancı ilke evrendeki yapının çoğunun fizik ve kozmolojideki parametrelerin ince ayarlanmış olmasına bağlılığının görülmesine yanıt olarak ortaya çıkmıştı. Bu gerçek, temel parçacık fiziğinde genellikle sorulan türden soruların dışında kaldığından ister istemez bilime bir meydan okumadır. Evrenin insanlar için yaratılmış olması fikri yeni değil, dolayısıyla bu yeni ve dikkate değer gözlemlere de açıktır. Böylesi pek çok durum gibi hem bilimde hem de günlük yaşamda, yeni bir olguyu açıklamak için akla gelen ilk fikir, çoğunlukla geçici bir çare olup daha iyi bir açıklama icat etmek için gereksindiğimiz gerçeklerin derlemeye gerekecek süre içinde gerçek bir gizemle karşılaşabilme sıkıntısından yeterince uzak tutmaya yarar.

Şüphesiz bu kişisel bir bakış ve de aynı olgular kümesi için daha iyi bir açıklamam olduğuna da inanma bencilliği de var. Böyle olunca insancı ilkeyi böyle hemen savuşturmak pek hakkaniyetli olmaz, özellikle son yirmi otuz yılda en düşünceli astronom ve fizikçilerin çoğu için merkezi fikir olmuşken. Eğer fikir yetersizse niye böyle olduğunu kendi içinde bulmak mümkün olmalı. Bu nedenle de, kozmoloji problemlerinin ortaya koyduğu daha geniş felsefi sorunları ele alırken insancı ilke iyice açıklanmayı hak ediyor.

İnsancı ilke birçok şekilde görülür. Burada yalnızca kuramın zayıf biçimi denilen şekli üzerinde duracağım. (Kuvvetli biçimi açıkça, bilimsel olmaktan çok kesinlikle dinsel bir fikir olup evrenin kesinkes bir Tanrı tarafından akıllı canlıların varlığını sağlayacak yasalarla yaratıldığını söyler.) Zayıf biçim, en azından savunması en kolay olan şekli olup şu önermeyle başlıyor: evrenimiz, evrende çok sayıda evren ya da evren bölgesi olup evrenimiz bunlardan yalnızca biri. Bu tuhaf bir başlangıç noktası olarak görülebilir ya, daha önce sözünü ettiğim gibi, kozmolojiye ilişkin, evrenimizin bir tek olmadığı fikrine doğal olarak götüren pek çok hipotez var. Buna bir de fizik yasalarının ya da en azından parametrelerinin bu farklı evrenlerde farklı oldukları önermesi eklenmeli. Bu elimizde olunca yaşayan akıllı yaratıklar olarak bizler varlığımızı yalnız, bu evrenler topluluğunda bizi iyi ağırlayanlarda bulabileceğimiz öne sürülebilir. Bu da o zaman, niye kendimizi yaşamın var olması için gerekli yasaları ve koşulları, olasılıksız bir evrende bulduğumuzun açıklaması olarak alınmakta.

Zayıf insancı ilkenin önemi şu ki, bu önermeler verildiğinde başka bir açıklama gerekmiyor. Olduğu sayılmak gerekli şey, çeşit çeşit özellikleri olan birçok evren ve en az birinin varlığımıza elverişli olması.

Bu savın mantığında bir hata olduğunu sanmıyorum. Ancak, bu haliyle götüreceği bir yer yok. Çünkü gözlemle yanlışılanabilecek bir öngörme olanağı yok. Bunun sebebi ise yalnızca zaten doğrulanmış bir gerçeğe, evrende akıllı yaşamın bulunmasına dayanması. Bunun ötesinde de bir şey varsayıyor, başka özellikleri olan bilinmeyen sayılarda başka evrenler. Ama savı, bu topluluğun bir tek özeliğini kullanıyor, yaşamı ağırlayan en az bir adet Dünya içermesi.

Zaman zaman insancı ilkenin fiziksel öngörülere götürdüğü savlanır, tıpkı Hoyle'un, karbon çekirdeğinde belli özellikleri olan bir düzey bulunmasaydı evrende karbonun varlığının açıklanamayacağını keşfetmesi gibi. Ama daha önce de değindiğim gibi bu insancı ilkeye dayalı bir öngörü değildir. Çünkü öngörü yalnızca evrende karbonun çok bol olduğu varsayımından ileri geliyor, oysa bu gerçek bir olgu.

Kozmolojik doğal seçim kuramı bundan farklı olup onu yanlışlayacak öngörülere götürebilir, çünkü evrenler topluluğuna ilişkin çok daha özgül varsayımlar yapmaya kalkışabilir. Bunların yaratılmasında işleyen bir özgül düzeneğin var olduğu varsayılr. Bu da, topluluğun hemen tüm üyelerinin paylaştığı bir özeliğe ilişkin özgül bir öngörüye götürür. Bir evren hakkında, özgül ve de ortada olan bir özellik gerektirmek yerine, topluluğun neredeyse tüm üyeleri için geçerli olan bir öngörüye götürecek varsayımlar yapar. Böylece de evrenimizde niçin yaşam olduğunu açıklama olanağı bulunur. Daha önce de üzerinde durduğumuz gibi bir evrenin pek çok kara delik yapabilmesi, karbon ve başka organik elementlerin varlığına ve bu elementleri büyük miktarlarda üretecek yıldızlara gereksinir görünüyor. O zaman da kuram, evrenimizde yaşam için gerekli içeriklerin bulunduğunu, yaşamın çok özel olmasından dolayı değil, bunların toplulukta bulunan evrenler için tipik olmasından dolayı öngörebilir.

Bu kuram şüphesiz doğru olmayabilir. Ama bir örnek olarak, insancı ilkenin kusuru olduğunu ve evrenin niçin yaşama elverişli olabildiğini gerçekten açıklayabilecek bir kuramdan ne isteyebileceğimizi gösteriyor. Yeni bir takım olgular üzerine bir açıklama yapmak için birçok ilk girişim gibi insancı ilke de, evrene ilişkin ve gerçek bir kuramla açıklanabilecek belli önemli özelliklere inançlı olmaya zorlayan bir bakıştır.

İnsancı ilke, söylediğim gibi sınanabilir öngörülere götürmez, ama kimi zaman da iki önerme daha ekleyerek genişletilip gerçekten sınanabilir öngörülere götürebilir. Bunlardan birincisi evrenler arasında yaşamın varlığı oldukça seyrek bir özellikken akıllı yaşamın ise iyice seyrek olması. Bu ise, bir evrenin, daha çok yaşam içerdikçe rastlanabilirliğinin ya da olasılığının daha da az olacağını söyleyen ikinci hipotezi önerir, ama gerektirmez.

İnsancı ilkeye ilişkin yazında bu savlar için açıklayıcı fikirler bulunabilir. Ama kendimizinkinden başka bir evreni gözleyemsek de bunlara ilişkin istediğimiz varsayımı yapmakta özgürüz. O zaman da kuramdan böylesine hipotezler çıkarsamanın, özellikle de insancı ilkeden çıkarsamanın bir yolu olamaz.

Bir kere bu hipotezler eklendiğinde, kendimizi akıllı yaşamın, mümkün en düşük miktarda olduğu bir evrende bulmamızın olasılığı en yüksek olur. Bunun sebebi ise, tüm evrenlerin kümesinde böylesi bir tek tür içeren bir evrenin bulunma olasılığı, böyle türlerden büyük sayılarda içerenlerden çok daha büyük olacaktır. Demek ki tek bir böyle tür içeren bir evrende bulunma şansımız iyice yüksek.

Bu varsayımlar bileşimi, gökadamızın akıllı yaşam bulunan büyük sayıda gezegenin keşfedilmesiyle yanlışlanabilir. Bu nedenle de, insancı ilkenin bir kısım yandaşları, bizlerin gökadada bulunan biricik akıllı tür olduğumuzu ortaya koyma girişimleri için hiçbir zaman ve çabayı esirgememekte.

Bu savlar incelenmeye değer. En çok sözü edileni ise "var olsaydılar çoktan burada olurlardı" denileni. Bunun, başta kuvvetli gelen mantığına göre eğer gökadada çok sayıda gezegende akıllı yaşam evrilecekse, bunlardan hatırı sayılır kadarında halen evrilmiş olma olasılığı olağanüstü yüksek olmalıyken, bizimkinin de ilki olması pek de olası değil. Birçoğu bizden yüzlerce değilse en az onlarca milyon yıl ilerimizde olmalı. Bu demektir ki bunlar gökadayı keşfe çıkabilmek için yeterince evrilmiş olmalı. Böyle olunca da bizim güneş sistemimizi henüz ziyaret etmemiş olmaları olasılığı pek olmamalı. Ettiyseler varlıklarını bildirmek için bize bir mesaj bırakmış olmalılar. Böyle bir mesaj bulamamış olduğumuza göre hiç var olmamış olmalılar.

İlk bakışta bu düşüncede büyük bir açık olduğu görünüyor. Aslında bir diğer akıllı uygarlığın gökadayı keşfe çıkmak isteyip isteyeceğini bilmiyoruz. Bunların, bizim bu güneş sistemimizi görece kadar ayrıntılı keşif yapmak isteyeceklerini düşünmek için hiçbir sebebimiz yok. Evreni keşfe çıkma hevesi olmayan akıllı uygarlıkların olabilmesi doğru ama hiçbirisinin de böyle olduğunu hayal etmek zor. Kuramın öngördüğü ise sadece, akıllı yaşamın pek yaygın olmaması. Gökadada, son birkaç milyar yıl içinde yal-

nız yüz adet akıllı uygarlık evrilmiş olsa bile en az birisinin gökadayı keşfe çıkmak istemeyeceğini hayal etmek zor.

Bunun yeterli olduğu anlaşılıyor. Çünkü gökadayı keşfe çıkacak teknolojiyi geliştirmiş olan bir uygarlık bunu iyice keşfetme teknolojisini de çabucak geliştirecektir. Bunun, ortalıkta milyonlarca walkman ve milyonlarca kişisel bilgisayar olmasıyla aynı nedenle –bilgisayar teknolojisinin ucuzluğu– olduğu söylenebiliyor. Gökadayı aşmak için gereken muazzam süre düşünüldüğünde onu keşfetmek isteyecek bir uygarlık neredeyse kesinlikle robotlardan yararlanacaktır. Ama bu amaca uygun birkaç robot yapılıncaya kolaylıkla bunlardan büyük sayılarda yapılabilir. Robotların da başka robotlar yapabileceği düşünülürse bizim meraklı uzaylıların yapabileceği robotların sayısı yalnız eldeki malzemeyle sınırlı olacaktır. Ama bu da bir sınır sayılmaz, çünkü gezegenlerinden ayrılır ayrılmaz çok sayıda başka gezegendeki malzemeyi robota dönüştürebilirler.

Bilgisayar teknolojisinin maliyeti böyle üstel olarak düşerken bazen on beş yaşında bir uzaylı çocuğun robot yapma takımıyla yaptığı gökada keşif aracını uzaya göndereceği bile akla geliyor. Bunun uzantısı da bizim teknoloji düzeyimize erişen böylesi her uygarlığın kısa zaman sonra muazzam sayılarda robotu gökadayı keşfe gönderebileceği. Peki, yaşam sıradansa niçin robotlarını buralarda görmüyoruz?

Bu kuvvetli bir usavurma gibi görünüyor, ama sorunları var. Öykü sevimli geliyorsa da gerçek yanı şu ki yolculuk, bilgisayarlar oranında ucuzlamıyor. Atlas Okyanusunu güvenle aşabilecek bir yelkenli (sırf bilgisayar taşıyan küçük bir tekne bile) en az ilk örneğinden beş yüzyıl sonra bile hâlâ on beş yaşındakilerin hemen hepsi için çok pahalı. Bu, birçok on beş yaşındakinin, bilgisayarı ve tekneyi alabilecek ve okyanusta götürecek programı yapabilecek olmasına karşın geçerli. Yani milyonlarca robotu kolayca yapabilecek bir uygarlığın bunları yıldızlara taşıyacak aynı sayıda roketi de yapabileceği pek açık değil.

Zaman ölçeklerini sorguladığımızda ise ikinci bir sorun çıkıyor. Şöyle: gökadadaki yıldızların sayısı, olduğundan bu yana geçen günlerin sayısından çok olduğundan, canlıların bu akıllı ırkın her bir güneş sisteminde kalıcı varlığı olmasını niçin iste-

yeceğine bir neden düşünmek zor. Daha çok, bir güneş sisteminin zaman zaman ziyaret edilip neler olup bittiğine bakılması beklenir. Gökada turizmi için bir zaman ölçeği yapılmak istense (kimi yazarların yaptığı gibi) sanki yüz milyon yıl mertebesinde bir şey çıkardı. Demek ki emin olabileceğimiz bir sav gökadada başka bir akıllı yaşam varsa en azından buraya birkaç yüz milyon yıl içinde bir kez gelmiş olabilirler.

Öyleyse gökadada başka bir akıllı yaşamın varlığını onamak için bakmamız gereken şey geçmiş birkaç yüz milyon yıl içinde bırakılmış bir mesaj. Sormamız gereken ise öyle pek basit değil. Böyle bir mesaj nereye bırakılmış olabilir ki bu denli uzun süre kalıcı olsun? Bu yaratıkların, eğer gökada boyunca yolculuk yapabiliyorlarsa kesinlikle, burada birkaç yüz milyon yıl önce görecekları yaşamın günün birinde kendileriyle iletişim kuracak bir yaratık çıkaracağını anlamaya yetecek kadar biyoloji bilmeleri gerekir. Ama bunun olma süresinin de birkaç yüz milyon yıl olduğunu anlamış olmaları gerektiğinden bu denli uzun süre dayanabilecek bir mesaj bırakmanın yolunu bulabilmiş olmalılar. Bizim tek söyleyebileceğimiz ise, eğer yüz milyon yıl dayanabilecek gibi tasarlanmış tüm mümkün mesajları aradığımızdan eminsek buraya gelmedikleri ve onları bulamamış olmamız.

Böyle mesajların bırakılabileceği birçok yol var. Burada onlardan yalnız birine değinebileceğim. Bu da gökada gezginlerimizin yaşayan bir yaratığın genetik şifresine bir mesaj bırakmış olmaları. Nükleik asit bazları dilinde şifrelenmiş bir mesajı, birkaç canlı yaratığın DNA'sına yerleştirip bunların DNA'yı tekrarlayacağından emin olarak bu mertebeden sürelerle görece zedelenmeden kalmasını sağlayabilirlerdi. Böyle bir mesajın aranmasını önermeyeceksem de türlerin çoğunda görünürde büyük miktarda hiçbir biyolojik işlevi olmadığı fazlalık DNA bulunduğu düşünmek de hoş olacak. Bunu daha da ilginç yapan ise, DNA'daki bu fazlalığın miktarının türden türe görünür bir neden olmadan çok farketmesi.

Gökada içi gezgincileri tarafından göz ardı edilmek yerine bir tür kozmik yanıtlama servisi olarak kullanılmış olabilmemizi düşünmek hoş gelse de durum şu ki mesajların bu şekilde bırakılabilme olanağı gökadada akıllı yaşam bulunmama savını söndü-

rüveriyor. Ve de bununla birlikte insancı ilkenin genişletilmiş bir biçimini bile desteklemek için önerilmiş olan bildiğim tek kanıt da gider.

Bunların ve insancı ilke lehine ileri sürülen diğer savların zayıflıklarına bakıldığında bu fikrin yakın zamanlarda bilim insanları arasında niçin yaygın olduğu sorulabilir? Bir neden, sanırım atomcu indirgemeci varsayımlara dayanan kozmolojik kuramları gerçekleştirme girişimlerinin hep artakalan bir keyfilikle sonuçlanması ve eğer bir ötesi olmayan kurama varılacağı öne sürülüyorsa giderilmesi gerektiği. Birçok farklı bağlamda –sicim kuramlarından, şişme modellerine– sonuçta insan zenginliğin utancıyla baş başa kalıyor. Evrenimizin özelliklerini açıklamaya girişmekte olan bir kuram sonuçta çok sayıda alması gereken evreni ya içerecek ya da gerektirecek. Bu durumlarda insancı ilke de evrenimizin bu büyük küme içinden nasıl seçildiğini açıklamak amacıyla günü kurtarmak için sık sık ileri sürülür. Bu, önce de vurguladığım gibi mantıksal olarak yanlış değil. Sorun bundan iyisinin mümkün olup olmamasında.

Böylesi bir tartışmada insancı ilkeye ilişkin değinilmesi gereken bir konu daha var. En az iki savunucusu –George Ellis ve Frank Tipler– insancı ilke ile Hıristiyan teolojisi arasında bağlantılar önerdiler. Bunun bir kısmı, açıktan açığa teolojik olup kuvvetli insancı ilkeye ilişik olduklarından ilgilendirdiğinden konumuzu pek ilgilendirmiyor. Teoloji ya da dini inanç üzerine bir tartışmaya girmeye hiç niyetim yok. Ancak, Galilei öncesi bilimde açıklayıcı ilke olarak, dinsel inancı, özellikle de Hıristiyan inancını kullanmakla burada üzerinde durduğum zayıf insancı ilkeyi kullanmak arasında ilginç analogiler bulunuyor. Her iki durumda da varlığımız kozmolojinin açıklanma mantığına merkez yapılmış. Her iki durumda da bu rolü akıllı beyinler olarak özellikle oynamaktayız. Canlı olmamız olgusu oldukça arızı; gerçekten de insancı ilkenin bazı savunucuları robot ırkının en az bizler kadar işe yarayacağını ileri sürerek bunu açıkça ortaya koyuyorlar. Dahası her iki durumda da bizim anlam ve önemimiz evrendeki biricik akıllı yaşam olmamızla yüceltiliyor. Sanırım bu analogiler raslantı olmayıp, insancı ilkenin –hepsine değilse de– bazı savunucularına dürtü veren şey, orada hem ebediyen evrenin dışında

kalan bir Tanrı hem de en azından evrenin kavranışıyla onun gücünü ve görüşünü paylaşarak aşkınlığımızın mümkün yapan bir evren özlemi.

Bilimsel bir fikrin, kimi temaları dinsel fikirlerle paylaşmasının yanlış bir yanı yok. İnsancı ilkenin teolojiyle ilişkisine ona saldırmak için değil, çekiciliğinin bir kısmının, doğal evrene ilişkin birçok sorunun yanıtlarını en azından kısmen bizim varlığımıza dayandırarak bizi özel yapan bilimsel bir fikir olduğunu telkin etmesinden. İnsancı ilke kozmosun Newtoncu görünümünün görünüşteki anlamsızlığı karşısında varlığımızı anlamlı kılan belli bir stratejiye örnektir. Bu stratejinin paylaştığı, Newton tarafından da benimsenen bir şey var: Newton'ın son derece dindar bir kimse olarak, Tanrı'nın sonsuz anlayışının zavallı bir gölgesi olarak anladığı şey kavrayabilme gücümüzün bizi özel yapması. Kesinlikle dine ya da insanların düşüncelerine olan etkisine karşı bir itirazım yok, yalnızca bilim, felsefe ve din arasındaki çizgide bulunan zor sorular üzerinde dururken fikirlerimizin kökleri hakkında daha bilinçli ve dürüst olursak tartışmanın başarılı sonuçlanabilme olasılığının daha yükseleceğini ileri sürüyorum.

Zayıf insancı ilke ile insanlığın evrendeki yerine ilişkin Aristotelesçi görüş arasında, biçimsel mantıksal yapısında bulunacak bir de ilginç analogi var. İnsancı ilke, nedensellik bağlamında uygulanacak alışlagelmiş bir bilimsel ilke değil. O, bunun yerine, ötesi olmayan nedenlere dayanan bir erekçi ilke gibi işlev görür; çünkü akıllı yaşamın varoluşunu, doğanın temel yasalarının kimi yanlarının çıkarsanacağı başlangıç noktası olarak alıyor.

İnsancı ilkeyi, alışlagelmiş nedensellikten kaçınarak erekçi bir ilkenin benzeri olan bir şeyi tercih ettiği için eleştirmenin yerinde olup olmadığını sorabiliriz. Çünkü bu alışılmış bir bilimsel problemin çözümü olarak sunulmamakta. Bunun yerine insancı ilke, görünürde başka türden bir soruya yanıt olarak öneriliyor: Doğa yasaları niçin onları bulduğumuz gibiler?

Bu soruyu yanıtlamaya uğraşmaktaki sorun, bizim açıklamanın nedensellik gibi yalnız alışlagelmiş biçimlerini kullanarak, doğanın bir yasasının yalnızca belli bir zamanda doğru olabilecek bir şey olabileceğini normalde düşünmememiz. Ama nedensel açıklamaların, nesnelerin zamanla değişebileceği kavramıyla

bağlantılı olması zorunlu. Bunun sonucu olarak, bu soru bir şekilde yanıtlanabilecekse bu yanıt öyle olmalı ki alışılmış bilimsel açıklama biçimlerine uymasın. Fizik yasaları ezeliyse ve de bunlar her yerde ve her zaman doğruysa bunların herhangi bir açıklaması evrende bulunmayan bir yerde olmalı. Yani ya mutlak bir ilkeye ya da inanca veya ötesi olmayan nedenlere başvurmalı.

Fizik yasalarının niçin onları bulduğumuz gibi olup da başka türlü olmadıkları sorusuyla karşı karşıya gelen ama doğa yasalarının ezeli olduğu görüşünü bırakmayan fizikçiler, Darwin öncesi değişik türlerin niçin bulundukları gibi olduklarını anlamak isteyen biyologların bulundukları durumdalar. Değişik türlerin doğal seçim düzeneğiyle yaratıldığının keşfinden önce bu türlerin ezeli sınıflar oldukları varsayılıyordu. Gezegenimizde belli bir takım türlerin var olup başkalarının olmamasını anlama girişimi alışılmış bilimsel nedenselliğin dışında kalacak bir ilkeye dayanmalı. O zaman da ya –mantıksal veya yapısal ilkeleri araştırarak– sonuçlandıracak nedenlere başvuracaklardı ya da Tanrı'ya.

Gerçekten de iki problem tamamen benzerdir. Bundan dolayıdır ki fizik yasalarının niçin onları bulduğumuz gibi ve de ezeli olduğunu açıklama girişimlerimiz, biyologların Darwin öncesi yaptıklarıyla aynı tür açıklamalara başvurmakta. Ve belki de aşağı yukarı aynı derecede başardılar. Örneğin kesinlikle mümkün türleri kısıtlayacak yapısal ilkeler olmalı. Filler uçamaz! Temel fizik yasalarını da matematiksel tutarlılık kısıtlıyor. Ama bu ilkelerin ikisi de niçin belli türlerin bulunduğunu ya da belli yasalarımız bulunduğunu açıklamaya yetmez.

Bir takım türü bulup da diğerlerini bulamama sorunu, türlerin ebedi sınıflar olmadıklarının farkına varıldığında bilimsel bir soru oldu. Bunlar, zaman içinde belli bir mekanik ve nedensel süreçte yaratıldılar. Gerçekten de bu ilk adım, süreç belirlenmeden önce bile yeterince aşırı olup, evrim kuramına karşı olanların birçoğunun, türlerin ebediler sınıfında olduğunu savunan –eski ve yanlış– fikri korumaya çalışanlar olduğunu söylemek pek haksızlık olmaz. Gezegenimizdeki özgül türler karışımının ne gerekli ne de ebedi olduğu fikri bir kez kabullenildiğinde soru artık, yeni türlerin nasıl ortaya çıktığı ve niçin belli türlerin olup da diğerlerinin olmadığı. Soru bu şekilde sokulunca da açıklama yapmak için –nedenselliğin

alışılmış kavramları içinde kalmak istendiği kadar- pek bir seçenek kalmıyor. Birçok biyoloğun savladığı şekilde, ardından seçme gelen rasgele değişmeler, Dünya'daki canlılar arasında gördüğümüz muazzam çeşitlilikte tür bulunmasından sorumlu olabilecek kadar güçlü olan tek açıklama olarak sunulmuştu.

Tamamıyla aynı nedenle inanıyorum ki, fizik yasalarının niçin onları bulduğumuz gibi oldukları sorusunu bilimsel bir soruya dönüştürmek için bunların ebedi oldukları fikrinden caymalıyız. Bu, türlerin kökeni konusunda olduğu gibi, evreni kavrayışımızı ya inanca ya da ötesi olmayan nedenlere başvurmaya dayandırmaya karşı tek almaşığımız. Bu adım bir kere atıldığında geriye kalan sorun, yasaları şimdi elimizde bulduğumuz şekliyle üretmek için geçmişte etkiyen doğru nedensel düzeneği keşfetmektir. Fizik yasalarının ebedi değil de zamana bağlı olduğunu ve dolaşısıyla bir kere bunları inanç, matematiksel tutarlılık ya da ereçilik bazında açıklama girişimlerini reddettiğimizde soruyu şöyle koyabiliriz: bunlar niye onları bulduğumuz gibi yani daha alışılmış yaklaşımlarla çözülebiliyor?

Belki artık bu düşüncelerin bizi götürdüğü yerleri özetlemenin zamanıdır. Savım şuydu, ezeli ve ebedi olanın bir şekilde zamanlı olandan daha gerçek, daha doğru olduğu sanısı özünde dinsel bir fikir olup önünde sonunda, kendimizi içinde bulduğumuz bu evrenin akılcı bir kavranışını edinme hevesimizle çelişkiye düşecektir. Bu hep dünyamızın dışında ve zamanın sınırlarından bağımsız var olan, yaşam ve ölümün bize zorladığı hayali bir evrene tapınma ile hayali bir akla yönelecektir. Doğal seçilimin bir kere biyoloji için mümkün kıldığı karşı fikir ise kendi kendini yapan yani kendi kendini örgütleyen bir evrene ilişkindir.

Peki, bu biyolojide işe yarayabiliyorsa evrenin bütünü niçin de niçin işe yaramasın? Fizik yasaları ebediyen ve evrenden bağımsız olarak varsa o zaman bunun nedenleri bizim akla dayanan kavrayışımızın ötesinde kalacaktır. Ama onlar, zaman içinde kendisini gösteren doğal süreçlerle yaratılmışsa, sonuçta, onların ve de dünyamızın niçin onları bulduğumuz gibi olduklarını anlamamız mümkün olacaktır.

Bu bakımdan evrende gözlediğimiz diğer düzenliliklerden daha az olmasa da, fizik yasalarını zaman içine sokabilme ölçüsü, bunları akıllıca bir anlayışla uyumlu yapma ölçüsüdür.

Öyleyse zaman, bütün evrenin kuramını kurma tutkusunun anahtarı olmalı. Ezeli demek, yalnızca, çok uzun, evreni gözlemekte olduğumuz süreden daha uzun bir süre demek olduğu kadarıyla, bilim ezeliliği araştırmakmış gibi davranabiliriz. Ama bu bir yanılsama. Kozmoloji için bir kuram kurma sorunuyla karşılaştığımızda, aynı zamanda bir bilimsel kuram olduğu ölçüde bu, eze-
linin bir kuramı olabilemez. Zaman, bu bakımdan, bütün evrenin bir kuramını kurmaya giriştiğimizde yüzleşmek zorunda kalacağımız en merkezi ve en zor problemdir.

DÖRDÜNCÜ KISIM

EINSTEIN'IN MİRASI

Uzay ve zaman nedir?

Budizmde doğrusal zaman kavramı –zamanı bir çeşit kap olarak algılamak– kabullenilmez. Sanırım, zamanın kendisi oldukça zayıf olup fiziksel bir temele, özgül bir şeye dayanır. Zamanı bu şeyin dışında varlamak, görmek zordur. Zaman yalnızca bir olguya, bir sürece ilişkin olarak anlaşılır ya da kavranır.

–Dalay Lama

YENİ KOZMOLOJİ'DE UZAY VE ZAMAN

İnsanlar siyasal değişimden söz ettiklerinde, söyledikleri çoğu kez bireyle toplum arasındaki ilişkilerdeki düzenin yenilenmesidir. Bu bir örtmece. Toplum aslında soyut bir kavram olup yalnız belli zaman ve çevrede bulunan insanlara göndermedir. Bu, insan toplumunda düzenlenme silsileleri yoktur demek olmayıp, bu silsilelerle her etkileşme, gerçekte bir ya da daha çok insanla olan bir etkileşmedir, bu alışverişler silsile ilerledikçe daha kalıplaşmış olsa da. O zaman da toplum evrildiğinde toplumun yeniden düzenlenmesi tek tek insanların aralarındaki sayısız ilişkilerden başka bir şey olmaz. Toplumdan söz ediyoruz çünkü toplumsal içgüdülerimiz milyonlarca yıl süren evrimle oluşurken birkaç düzineden daha kalabalık olmayan gruplar halinde yaşadığımızdan, yarattığımız Dünyayı bir araya getiren insan ilişkilerinin inanılmaz karmaşıklığını doğrudan canlandırmakta zorluk çekiyoruz.

Aynı şekilde uzay ve zamanın soyut kavranılışı, evrenin muazzamlığını ve karmaşıklığını insanların ilk algılamaya başlamalarıyla oluştu. Evren yalnız gözlerimizle görebildiklerimizi içerdiği kadar, bütünüyle somut uzay ve zaman kavramları (örneğin Aristoteles'te bulduğumuz gibi) yetiyordu. Ne zaman ki teleskoplar yıldızlar küresini patlatırcasına yaydı ve erişilemez uzaklıklardaki sayılamaz yıldızları içeren bir evreni kavramak zorunda kalındı, uzaydan mutlak, içerdiklerinden ayrı bir şey olarak söz etmek yararlı hale geldi. Benzer olarak da, zaman kavramının değişimden farklı bir şey olabileceği ancak, insanlar, kozmosun hayatında altı bin yılın kısacık bir tereddüt olabileceğini kavradıklarında yaygınlaştı.

İzleyen bölümlerde okuru ikna etmeyi umduğum şey, tıpkı toplumdaki gibi, uzay ve zamanın da içi boş kavrayışlar olarak, evrendeki olgular arasındaki ilişkilerin karmaşıklığını temsil et-

tikleri kadar anlam taşımaları. Ve de bu [20.] yüzyılda, tıpkı siyaseti anlayışımızdaki fazla soyutlamanın bedelini öğrendiğimiz gibi şimdi de uzay ve zamandan, soyut varlıklar olarak söz etmek, kendimizinki gibi karmaşık bir kozmosun bütününün bir kuramı bulunup bulunmayacağını anlamamız için gerekli karmaşıklık ve yapıları gizliyor olabilir.

Kitabın bu dördüncü kısmında, evren gökadalari ya da yıldızları içerecek kadar ilginç olaksa karmaşıklık ve çeşitliliğin sırf gerekli olmadığını öğreneceğiz. Göreceğiz ki karmaşıklık bir seçenek olmayıp, modern uzay ve zaman anlayışımızın altında yatan ilkelere göre kurgulanmış olan bir evren için gereklidir.

Çok basit bir şekilde, nesnelerin nerelerde olduklarına ilişkin nasıl konuşacağımızı sorarak başlayabiliriz. Bunun bir yolu, onların kendime göre yerlerini betimlemektir: sol pabucum ayağımda, bilgisayarım önümde, gitarım üç metre ötedeki en sevdiğim iskemlede, kelim kafamın üstünde. Bu birçok amaç için yeterli olabilir ama tamamen doyurucu görünmüyor; çünkü ben neredeyim?

Apartman dairemde oturuyorum, New York'ta 11. Cadde'de, Dünya gezegeninde, yörüngesinin kış gündönümünün biraz ötesinde... Şu yaptığım, size evrendeki diğer nesnelere göre nerde olduğumu anlatmak. O nesneleri bildiğiniz kadar beni bulabilirsiniz. Ama bu hâlâ tam bir yanıt değil, çünkü Dünya ve Güneş neredeler?

Güneş, belli bir yörüngede, bir spiral gökadanın belli bir kolunda, hepsi yerel grupta, o da ...

Belki bu hâlâ tamamıyla tatmin edici görünmüyor ama sanırım bir anlık düşünme, yer tarifinde hep yaptığımızın bu olduğunda okuru ikna edecektir. Bir adres veririz ya da oda numarası ya da koruluktan geçerek oraya nasıl varacağımızı tarif ederiz. Bu, sıradan konuşmalar hep bağıl konumu söyler.

O zaman da nerede olduğumuza ilişkin, bağıl konumumuzdan öte bir yol olabilir mi diye sormak doğal. Bir şeyin asıl yerini mutlak ve hiçbir şeye bağlamadan söylemenin bir yolu var mı ki?

Fizik ve felsefenin tarihinde, uzayın doğasına ilişkin olan bu soruya verilecek iki derin yanıt, yani "evet ve hayır"a dayanan iki büyük gelenek var. Bunlar uzayın doğasına ilişkin iki görüşe götürür, mutlak görüş ve ilişkisel görüş.

Newton, mutlak konumun büyük savunucusuydu. Kopernikçi devrimin doruğu olan büyük yapıtı *Principia*'nın¹ sunuşunda bunu daha da doğrudan söyleyemezdi: "mutlak uzay, kendi doğasından, dışardan hiçbir şeyle ilişkisi olmadan, hep benzer ve devindirilemez kalır."

O sıralarda birçok kimse bunu akıldışı buldu, birçok kişi hâlâ öyle buluyor. Newton'ı eleştirenlerden Leibniz, Newton'ın kavrayışının niçin önünde sonunda başarılı olamayacağını görmüştü. Newton'ın takipçilerinden Clark'la bir tartışmasında şöyle savlıyordu:

Bu beyefendiler, uzayın gerçek bir mutlak bir varlık olduğunu ileri sürüyorlar ama bu onları büyük zorluklara götürecektir,
... Bana gelince bir kereden çok söylemiş olduğum gibi uzayın sırf göreliliği bir şey olduğunu ... uzayın, bir arada varoluşlarının bir düzeliğini olduğunu söylüyorum.

Leibniz'in, kendi ilişkisel görüşü için ileri sürdükleri, doğaya ilişkin felsefe yürütme tarihindeki en önemli şeyler arasındadır. Bunu, O'nun kendi sözlerini tekrarlamaktan daha iyi şekilde veremem:

Bu önemli ilke –yani hiçbir şeyin, niçin başka türlü olamayacağına ilişkin yeterli neden yoksa var olmayacağı– bana bahşedildi.
... Ben derim ki uzay mutlak bir varlık olsaydı öyle bir şey olurdu ki bunun olması için yeterli bir neden bulmak olanaksız olurdu ki bu, aksiyonumuza aykırıdır. Bunu şöyle kanıtlıyorum ... uzayın, kendisinin içinde, nesnelerin kendi aralarındaki sınıfın dışında bir şey olduğunu sayarsak, nesnelerin kendi aralarındaki aynı yerleri korurken niçin Tanrı uzayda nesneleri başka türlü değil de böyle düzenlemiş ve de niçin her şeyi, (örneğin) doğu ile batının yerlerini değiştirerek tersine yerleştirmemiş?

Sanırım en kuşkucu okur bile Leibniz'in haklı olduğunu teslim edecektir. Zaten, bu yeterli neden ilkesinin gücünü, parçacık fiziğinin standart modelinin dayandığı ayar ilkesinin ardındaki felsefi fikir olarak görmüştük. Birazdan bunun görelilik ve kuan-

¹ "*Philosophia naturalis principia mathematica-Doğa felsefesinin matematiksel ilkeleri*" adlı kitabın yaygın adı –çn.

tum kuramlarının da ardındaki fikir olduğunu göreceğiz. Bilim tarihinde Leibniz'in Newton fiziğine olan muhalefetini daha yeğın yankılatacak başka hiçbir sav düşünmek çok zor.

Leibniz belki, evrende olan her şey için özgöl ve açık bir neden verilmesinin mümkün olduğuna sanki Batı geleneğindeki her filozoftan daha fazla inanıyordu. Alıntıda da gördüğümüz gibi O'nun için bunun anlamı, bir şeyin niçin *başka türlü değil* de olduğu şekilde olması.

Bu yeterli neden ilkesi, evrenin akla uygunluğu için yüce bir inanç ifade etmekte. Leibniz niçin buna bu denli kuvvetle inanıyordu? Sanırım sebebi, O'nun, evrenin bütünü için yapılanacak bir kuram için ne gerekeceğı hususunda çok, belki de önceki ve sonrakilerinden çok daha sıkı düşünmüş olması. Bu düşünüş, O'nu, herhangi bir kozmolojik kuramın bu ilkeye uymasının zorunlu olduğunu, çünkü evrenin yalnızca bir kısmını betimleyen bir kuramın tersine, kendi kapsam alanı dışında bir neden bulnamayacağına götürmüştü.

Sanırım okur, evrenin niçin bütünlüğüyle yarım metre solda yaratılmış olmadığına bir neden düşünmenin olanaksızlığını kabullenenecektir. Bu böyle olunca evrenin bütünüyle nerede olduğu hakkında konuşmanın bir anlamı yok. Bütün evreni yarım metre sola çekmek algılarımızda ya da evrendeki nesnelerin gelecekteki davranışları üzerinde hayal edebileceğimiz herhangi bir etki yapmayacaktır.

Evrenin, olduğu gibi olmasıyla yarım metre solda olması arasında hiçbir fark yoksa, bu iki durumun ayrılığını düşünmenin bir anlamı olabilir mi? Uzayın ilişkisel oluşuyla mutlak oluşunu ayıran kesinlikle bu sorudur. Newton bir mutlakçı olarak evet, Leibniz ise hayır diyordu.

Tamı tamına aynı savlar zamanın doğası sorununa ilişkin olarak da yürütülebilirler. Bir şeyin belli bir zamanda olduğunu söylemek ne demek? Bu cümlemin sonuna soru imini bastığımda saat kaç *ol-acak* (sizin için, *-muştı*) diye sorduğumda ne demek istiyorum? Bu cümledeki gerekli niteleme, durumu canlandıracak: gelecek, şimdi ve geçmiş, hep konuşan kişinin konuşma anına göre oluyor. Zamana ilişkin sıradan sözlerin hepsi ilişkiseldir.

Bir olayı zamanda yerleştirmek için bir saat ya da takvim kullandığımızda, zamanını insanların belirlediğı bir sisteme göre

veriyoruz. Bu sistem keyfi olsa da kullanılması gerekli. Böyle bir sistem olmadan havada kalırız, çünkü neyin ne zaman olduğuna ilişkin mutlak bir kavrama erişemiyoruz. Şüphesiz zaman ölçme sistemimizi daha büyük bir şeye bağlamaya kalkabiliriz. Takvimi Dünyanın Güneş çevresindeki, istersek de Güneşin gökada çevresindeki hareketine vb bağlayabiliriz.

Nihayet, uzay hususunda karşılaştığımız soruya geldik. Sonunda, saatlerin yalnızca kusurlu bir ölçüsünü verdikleri mutlak bir zaman kavramı var mı? Ya da sonunda zamana ilişkin bütün sözler bağıntılar düzeyinde mi kalacak? Zaman, hep yalnızca keyfi olarak seçilen bir saate göre mi söylenecek?

Newton'ın, *Principia*'da da betimlediği gibi mutlak bir zamana inanmayı seçmiş olması şaşırtıcı değil: "Mutlak, hakiki ve matematiksel zaman, kendiliğinden ve kendi doğasından, dışarıdan hiçbir şeyle ilişkisi olmadan eşit olarak akıyor."

Leibniz, bunu uzayla ilgili savlarına benzer şekilde yanıtladı:

Diyelim ki birisi Tanrı'nın her şeyi niye bir yıl erken yaratmadığını sordu ve de aynı kişi bundan, Tanrı'nın, bunu niçin başka türlü değil de böyle yaptığına ilişkin hiçbir neden olmasının mümkün olamayacağı bir şey yaptığını çıkarsamak istesin. Buna yanıtımız ise şöyle olmalı: bu çıkarsamanın sağlamlığı zamanın geçici şeylerin dışında olmasına dayanır; çünkü bir şeylerin, dizilişleri aynı kaldığı kadar başka değil de belirli anlara uygulanması için bir neden olmamalıdır. Ama bu da kendiliğinden kanıtlar ki, anlar hiç de zamandan bağımsız bir şeyler olmayıp, bunlar yalnızca bir şeylerin ardışık dizilişlerinden ibarettirler.

Mantık, görüldüğü gibi öncekinin tamamen aynı. Yeterli neden ilkesini uygulayan Leibniz mutlak zamana inanamazdı çünkü evrenin niçin bir yıl erken değil de yaratıldığı zaman yaratıldığına herhangi bir makul yanıt verilebileceğine inanamazdı. Yanıt verilemeyeceğine göre de isteyeceğimiz şey bu soruyu sormamıza izin vermeyen bir zaman kavramı. Bunu sağlayan bir zaman kavramına ilişkisel deniliyor: bu yalnızca evrende olan şeyler arasındaki bağıntılara dayanır.

Uzay ve zamana mutlak ve ilişkisel bakışlar arasındaki çekişme Newton ve Leibniz zamanından beri ateşli bir şekilde sürmek-

te. Bu tartışma önemli, çünkü kozmoloji kuramımızın bütünü, tuttuğumuz taraf renklendirir. Evreni bir bütün olarak nasıl kavrayacağımız uzay ve zamana ilişkin ne düşünüldüğüne bağlıdır.

Örneğin mutlak uzay ve zamanda yaşayan temel parçacıklar, uzay ve zamanın yalnızca ilişkiler olduğu bir evrendeki parçacıklardan farklı nesnelerdir. Bir mutlak uzay ve zaman ardalanında, içinde tek bir parçacık bulunan bir evrenin sözünü etmenin anlamı var. Bu parçacığın hareketi, evrende başka ne olup olmadığından bağımsız olarak ardalana göre tanımlanabilir. Ama uzay ve zaman yalnızca parçacıklar arasındaki ilişkilerden doğuyorsa içinde bir tek parçacık bulunan bir evren, konum, uzay ve bir nokta gibi kelimeler kullanılarak betimlenebilemez bile. Dolayısıyla mutlak uzay ve zamanda devinen parçacıklar topluluğu olarak kavranan bir evren, uzay ve zamandan ne anlaşıldığını tanımlayan ilişkiler evreninden çok farklı bir şeydir.

Bu nedenle, de temel parçacıkların birleştirilmiş kuramını yapmak, uzay ve zamanın yeni bir kuramının yapılmasına bağlanmıştır. Uzay ve zamanın kavranışında Newtoncu bir çerçeveden Leibnizci olanına kayma bir parçacığın Newtoncu kavranışına değmeden bırakamaz.

Fizik tarihi boyunca atomculuk ile uzay ve zamanın ilişkisel kavranışı arasında hep bir gerilim vardır. Safça biçimiyle atomculuk, her parçacığa niteliklerinin ona evrendeki diğer nesnelerin varlığından bağımsız olarak verildiğini öğretir. Bu ise uzay ve zamanın mutlak bir kavramını ima eder. Bir parçacığın sahip olabileceği en temel özellikler nerede olduğu ve nasıl devindiğidir. Bunlar başka her şeyden bağımsız tanımlanabiliyorlarsa, yalnızca nesneler arasındaki ilişkilerden bağımsız, mutlak bir uzay ve zamana göre tanımlanabilirler.

Öte yandan mutlak uzay yoksa, doğanın geri kalanıyla bağıntıları işin içine girmedikçe bir parçacığın konumundan söz bile edilemez. Bu nedenle de uzay ve zamana ilişkisel yaklaşımlara atomcular kuşkuyla bakma eğilimindeyken, bağıntıcılar, kökten atomcu fikir olan, her parçacığın özeliğinin diğerlerinden bağımsız olarak tanımlanmasına kuşku duymaktalar.

Yirminci yüzyılda Einstein'ın genel görelilik kuramının ilişkisel uzay-zamanında devinen temel parçacıklardan bileşmiş

bir evrende yaşıyoruz. Yirminci yüzyıl fiziğini, hem atomcuların hem de ilişkiliscilerin kendi özge zaferleri olduğunu görmeleri için yeterli neden var. Ama yirminci yüzyıl fiziği henüz bitmedi. İlişkisel ve atomcu felsefeler arasındaki eski çekişme, bu apayrı öğeleri bir araya getirecek bir kuram kurmaya uğraşan herkesin karşısına dikiliyor. Örneğin parçacık fiziğinin standart modeli, yararlandığı ayar ilkesiyle ilişkisel, temel parçacıkları betimiyle de atomcudur. Yirminci yüzyıl fiziğinin sonuçlandırıcı başarısı bu atomcu ve ilişkilisci bakışlar arasındaki çekişmenin nasıl çözüleceğine bağlı.

Atomculuk bizi evrenin genelde basit olduğunu saymaya zorlarken ilişkiliscilik zıt yöne, evreni aslında karmaşık bir sistem olarak görmeye zorlar. Sorun, temel parçacıkların var olup olmasında değil özelliklerini nereden aldıklarında. Atomcu bakışa göre parçacıkların özellikleri çevrelerinde ne olduğundan bağımsızdır; sabit özellikleri olan atomlardan oluşuk bir evrenin karmaşık olması için bir neden yok. İlişkisel bakışın ise, daha çoğunu isterken evren yeterince karmaşık değilse pek anlamı olamaz.

Lebniz'in ilkelerinden birisini daha hatırlayalım, *ayırt edilemeyenlerin ayrınlığı*. Çünkü nesneler yalnızca bağıntılarıyla ayırt edilebiliyorsa bunları farklı görmenin bir yolu yok. Bu ilkelere göre kurulmuş bir evren, gözlemcilerin her parçacığı –evrendeki diğer parçacıklarla olan ilişkilerinin sözünü ederek– tek bir şekilde ayırt edebilmesi için yeterince karmaşık olmalı.

Bu, nesnelerin sadece yerlerinden söz ederken de böyledir. Diyelim ki gökada dışına, orada seyredecek bir uydu göndermeyi becerebiliyoruz. İçine, nereden geldiğini onu bulacak akıllı bir yaratığın bilmesi için bir mesaj koymak isteriz. Bulunmadan önce ne kadar uzağa gideceğini de, bulanın bunun hangi yönden geldiğinden emin olup olamayacağını da bilemeyiz. Bir de tabi dil sorunu var, yerimizi betimlemek için olağan bir dil kullanamayız. Dahası, bildik yol işaretleri ve nirengi noktaları olduğunu varsayamayız, harita da çizemeyiz çünkü uyduyu bulanlar bunu nasıl yöneltceklerini bilemezler. Onların evrene ilişkin yeterli bilgisi olduğunu varsayarak bir şema çizibilmemizin bir yolu var mı ki bizi bulabilmeleri mümkün olsun?

Buna ek olarak, içindeki gökadarlar arası mektubumuz bulunmadan önce şişe milyonlarca yıl gidebilir. Bulanlar ne zaman yollandığını bilmek isterler. Ortak bir dil olmadan onlara bildirmemizin bir yolu var mı?

Bu soruların ikisine de bir yanıtımız var. Evrenin bir haritasını çizip yerimizi bir okla göstermektense tam tersine evrenin resmini onu gördüğümüz gibi çizeriz. Sadece gökyüzünün resmini çizip, en parlak yıldızları, gökadarları ya da gökada gruplarını Dünyamızdan gördüğümüz gibi gösteririz. Kozmostaki komşularımız evreni yeterince biliyorlarsa evreni manzarası bizimkine özdeş olan yeri bulmak için araştırırlar. Bunun işe yaraması için evrenin belli bir karmaşıklığı olması gerekir. Gökyüzümüzün resmini, evrende başka hiçbir yerden tamı tamına aynen görünmeyecek şekilde yeterli ayrıntıyla çizebilmek mümkün olabilmeli.

Aslında evrenimiz yeterince karmaşık olup gökyüzümüzde görünen en parlak yıldız ve gökadarların resmine bakmak yeterli olmalı. Gökadamızda belki trilyonlarca yıldız varsa da gökyüzündeki parlak yıldızların manzarasının iki yıldızdan özdeş görünmeyeceğinden emin olabiliriz. Benzer olarak gökadamızın yerini gökyüzümüzde görünen diğer gökadarların örüntüsüne göre belirleyebiliriz. Yeterli ayrıntı verirsek bu örüntü trilyonlarca yıldızdan görünenle yeterince fark göstererek bizimkini kendine özgü yapar.

Dahası, evrenimizin zamanla evriliyor olması şişeyi bulanların bunun ne zaman gönderildiğini söylemeye de yeter. Gezegeneğimizin tarihinde gökyüzünün tamamen bizim gördüğümüz gibi görüldüğü tek bir dönem olacaktır. Başka bir dönemde ve bir başka gezegenden gökyüzümüzün aynı görünmesi olağanüstü bir raslantı olacaktır.

Ya evren bunun işe yarayabilmesi için fazla basitse? Ya sakinleri tam aynı gökyüzünü gören birçok gezegen varsa? İşte, evrenin Newtoncu kavranışını Leibnizci kavranışından ayıran soru budur. Newton için bu sorun olmazdı; evren her noktadan aynı görünse bile bir şey değiştirmezdi. Öte yandan Leibniz için bu olanaksızdır. Onun, *ayırt edilemeyenin özdeşliği* ilkesini kabullenirsek evrende tamı tamına aynı gökyüzü görünen iki yerin de aynı olması gerekir. Evrenin her noktadan aynı görüldüğü tam anlamıyla simetrik bir evren, Leibniz'e göre aslında tek bir noktadan oluş-

muştur. Eğer bu husus doğruysa, çoğu zaman kozmosumuzu modellerken kullandığımız tamamıyla türdeş üç boyutlu bir evren, hakkında konuşulmaya bile değer bir şey değildir.

Evren, Leibniz'in ilkelerine göre ne denli farklılıklar göstermelidir ki evrene zamanda var olan bir üç boyutlu uzay olarak anlam verilebilsin? Leibniz'in sevdiği bir deyişle, evren öyle çok *çeşitlilik* içermelidir ki hiç iki gözlemci aynı şeyi hiç yaşamamalı ve hiçbir an kendisini hiç yinelememelidir.

Daha önce, yeteri kadar karmaşık olmasaydı evrende yaşamın var olamayabileceğini öğrenmiştik. Şimdi de evrenin tamamen farklı bir nedenle karmaşık olması gerektiğini öğrendik: evrende nerede olduğumuzu gerçek nesnelerle ilişkilerimiz aracılığıyla betimleyebilmenin mümkün olması için. Bunun anlamı, evrenin niçin yapısı olduğu ve evrende niye yaşam olduğu sorularının uzay ve zamanın ne oldukları sorusuyla derinden bağlantılı olmasıdır.

Newtoncu bilimden kalan sıradan görüş pek çok sayıda özdeş parçacıktan bileşmiş bir evrende yaşıyor olmamız. Parçalar, yani temel parçacıkların her biri çok basit olup kendi türündeki diğerleriyle özdeştir. Düzenlenlenmeleri karmaşık olabilir ama bu, hiç de gerekli olmayıp sırf şansımızın iyiliğinden. Leibniz'in koyduğu ve Einstein'ın gerçekleştirdiği karşıt resim, her biri değişik olan çok büyük sayıda parçacıktan oluşmuş bir evrene ilişkin. Her bir proton bir diğeriyle aynı yük ve kütlede olsa da her biri farklıdır, çünkü ayrı ayrı yerlerde oturmaktalar. Her temel parçacık bütünle kendine özgü bir ilişki içindedir. Bunların kurduğu evren karmaşık olmak zorunda çünkü her bir protonun öbürlerinin hepsinden ayırt edilmesi, onlarla ilişkisindeki belli bir asgari karmaşıklıkla olacaktır. Diyebiliriz ki bir şeyin nerede olduğu geri kalanlardan görünümüyle belirlenir, yani diğerleriyle olan ilişkisiyle. Eğer en-
gin sayıda parçacığın her birisi için geri kalanların görünüşü özge olaksa evrenin inanılmaz bir görünüm çeşitliliği olmalı.

Bunu akla uydurabilmek için bizim, karmaşıklığı, her parçacığın bütünle özge bir ilişkisi olan bir sisteme ilişkin kavrayışımız olmak gerekir. Böyle bir karmaşıklık ölçüsü aslında var ve bu, doğrudan doğruya Leibniz'in felsefesinden esinlenmiş. Buna sistemin *çeşnisi* denilir ve sistemdeki her parçanın diğerlerinden,

sistemin geri kalanıyla nasıl etkileştiğini betimleyerek ayırt edilebilmesi için gerekli bilgi miktarıyla tanımlanır. Biçimsel olarak, sistemin verilen bir temel parçası ele alındığında ona en yakın olanları ya da en doğrudan etkileştiklerine bunun komşuluğu diyebiliriz. Bu durumda bütün sistemin çeşnisi öyle tanımlanır ki her parçasını tüm diğerlerinden ayırt edebilmek için komşuluğu betimlenerek çeşnisi arttıkça daha az bilgi gereksin.

Çeşni kavramı bir sistemin karmaşık olmasının ne demek olduğunu düşünebilmek için bir yol sağlıyor. Böylece bu, bir biyolojik sistem kadar uzay ve zamana da kolayca uygulanabilir. Çeşnisi çok bol olan bir evrende nerede olduğunuzu çevreye bir bakışta anlamak çok kolay olur. Bol çeşnili bir biyokimyasal sistem, içindeki her molekül türünün, etkileştiği diğer moleküllerin belirlenmesiyle betimlenen bir sistemdir. Böylece çeşni kavramını kullanarak, yaşam için gerekli olan düzenlenmeyle, uzayın ilişkisel kavranışının anlamı olabilmesi için gerekenler arasında bir ilişki kurabiliriz.

Böyle bir karmaşıklık kavramı, entropiye dayanan diğerlerinden daha yararlı olabilir. Çünkü kristaller ve canlı hücreler gibi, düzeni yüksek olan yüksek simetrlili sistemlerin, termodinamik dengeyle karşılaştırıldığında entropileri düşüktür. Ama sıradan bir kristalin çeşnisi sıfırdır çünkü atomlarını çevrelerindeki sayesinde ayırt etmek olanaksızken, öte yandan canlı bir hücre, çeşit çeşit enzimlerinin diğerleriyle etkileşmesinin belirginliğiyle yüksek düzey bir çeşni gösterir.

Bunun zıddına, ısı dengedeki bir evrenin çeşni düzeyi düşüktür. Bütünyle simetrlili bir evrenden daha çok çeşnisi olabilir ama gene de dengeden çok uzak olan bizim evrenimizinkinden çok daha düşüktür. Dengedeki bir evrende Leibniz'in, ayırt edilemeyenlerin özdeşliği ilkesinin gerçekleşebileceği bile pek açık değil. Her bir atomun diğerlerinden ayırt edilebilmesi akla sığmayacak kadar çok bilgi gerektirecektir. Gerekli bilgi miktarı evrenin kendisinde depolanamayacak kadar çoksa ilkenin gerçekleşmediğini söylemek daha yerinde olacaktır. Durum buyrsa dengedeki bir evren olanağı, uzay ve zamanın Leibniz ilkesiyle uyuşan herhangi bir ilişkisel kuramının önüne geçer.

Uzay ve zamana mutlak ve ilişkisel bakışlar arasındaki bağdaşmazlıkta, uzayın fizikte nasıl temsil edileceğine ilişkin akademik sorudan çok daha fazlası ortada. Bu soru evrenin bilimsel kavranışının bütününe köklerine kadar gider. Evren büyük sayılarda, bağımsızca özerk, her biri diğerlerine borçlu olmayan özelliklere sahip atomlardan mı oluşmuş? Ya da evren, bunun yerine engin, tek bir temel parçacığın özelliklerinin ya da uzayda bir noktanın kimliğinin bile geri kalan evreni bütünüyle gerektirip yansıtan birbirleriyle bağlantılı bir ilişkiler sistemi mi? Uzay ve zamana bu iki bakış, bir özellikten, kimlikten ya da bireylikten söz etmenin ne demek olduğuna ilişkin iki çok farklı görüşü vurgulayarak ifade etmekte. Bunun sonucu olarak da mutlak uzay ve zaman kavramından ilişkisel harekete dayanan bir kozmolojiye geçiş –şimdi tam ortasında olduğumuz bir geçiş– evrendeki karmaşıklık ve yaşamın yerini anlamakta çok derin anıştırmaları olmalıdır.

NEWTON'DAN EINSTEIN'A GİDEN YOL

Evrenin, tıpkı Leibniz'in gözüyle bir ilişkiler ağından oluşması gibi, evren üzerinde düşünmeye kalkışan herkes, kendi düşüncelerinin, geçmiş gelecek diğer insanların düşüncelerinin ağında gömülü olduğunu böylece de yanılarak kendilerinin sandıkları fikirlerin çoğunun gerçekte uzak geçmişte kalan bir kökenden çıkıp zihinden zihne dolaşıp durduğunu keşfeder. Benim durumumda ise, yazılarıyla karşılaştıktan sonra fiziğe girdiğimden hep kendimi Einstein'ın izleyicisi sayarım. Ama onun evrene bakış tarzının köklerinin, üniversite öğrenimimi tamamladıktan bir yıl sonrasına kadar falan büyük ölçüde farkında değildim.

O yaz, Roger Penrose'un davetiyle Oxford'da bulunuyordum. Bir arkadaşım orada, uzay ve zamanın doğası üzerine derin düşünceleri olan Julian Barbour diye birisi olduğunu söylemişti. Hemen buluşmak istemiştım ama bu bir süre gerçekleşemedi. İngiltere taşrasında dingin bir hayat yaşıyor, Oxford'a yalnız arada sırada insanlarla konuşmak için geliyormuş. Sonunda arkadaşım onun çiftliğinde bir buluşma ayarladı da kırlar arasında nefis bir yolculuktan sonra kendimizi bir 17. yüzyıl çiftlik evinin kapısında bulduk. Tanıştırmaların ve köy çevresinde yürüyüşün ardından şöminenin karşısına elimizde likörler, oturup fizik ve felsefe sohbetine başladık. O, toy ve genç Amerikalı konuklarına İngiliz beyefendisi rolü yaparken önce ne üzerinde çalıştığımızı sordu. Ona kuantum kuramını uzay ve zamanla birleşik yapacak bir kuram kurmaya çalıştığımı söyledim. Kibarca dinledikten sonra hiç Leibniz'i okuyup okumadığımı sordu. Hayır deyince de "Eh, belki okumalısın" dedi ve Leibniz'in felsefesinin bir kozmoloji kuramının başlangıç noktası sağlayabileceğini ve bunu kendi çalışmalarında başarmaya nasıl uğraştığını anlatmaya başladı. O günden beri Julian bir dost ve çalışma arkadaşım oldu. Birlikte yokladığı-

mız şeyler arasında önceki bölümün sonunda betimlediğim çeşni kavramı da var. Bundan da öte, o benim için bir tür felsefe gurusu olmuştu. Zira bu kitaba götüren düşüncülerin çoğunun başlangıcı aramızdaki konuşmalara gider. O zamandan beri Julian'ın, kendisini Leibniz'in izleyicisi sayan tek kişi olmadığını da farkettim. David Finkelstein, Louis Kauffman ve John Wheeler gibi pek çoğu da öyleler.

Ancak, hayranlık duyulan düşünürlerin eşliğinde destek kadar tehlike de var. Bilimde de, siyaset ve aşkta da olduğu gibi, elde tüm iyi savlar olsa da gene yanlış çıkabilir. İş buraya vardığında önemi olan kimin öyküsünün daha mantıklı ya da güzel olduğu değil hangisinin daha büyük etkiye götüreceği.

Uzay ve zamanın ilişkisel felsefesi, Newton'ı izleyen iki yüzyıl boyunca tamı tamına böyle bir durumdu. Kesinlikle görülüyor ki Newton ve izleyicileriyle giriştiği tartışmalarda Leibniz'in savları daha kuvvetliydi. Onun mutlak uzay ve zamana karşıt olan savlarını dinledikten sonra pek çok kimsenin, bunlara dinsel inanç gibi bir eylemle inanmanın sürdürülebileceği fikrine katılabileceğini sanıyorum. Ama o zaman da sormalıyız, eğer Leibniz'in savı daha iyiye Newton neden mutlakçı bakışı seçti? Kesinlikle aptal değildi. Pek çok kişi onun bütün zamanların en büyük fizikçi ve matematikçisi olarak görmekte. Onun sadece bir kötü filozof olması mümkün müydü?

Şunu da sormalıyız: daha kötü bir felsefeye dayanıyorsa, Leibniz'in değil de Newton'ın fiziği değil miydi muzaffer olup izleyen iki yüzyıl için bilimin temeli olan? Kesinlikle Leibniz de aptal değildi. Tanıdığım bir felsefe profesörü ona yaşamış en akıllı insan diyor. Leibniz, daha iyi bir felsefesi varsa onun yanı sıra gidecek daha iyi fiziği niçin icat edemedi? Ya da azıcık değişik bir deyişle Newton'ın mutlak uzay ve zaman fikirlerini eleştirmek kolaysa bunlara dayanan ve bu denli uzun süre başarılı olan bir kuramı kurmak niye mümkün oldu?

Bunları ortaya tuhaf bir şekilde koydumsa da bunlar sırf büyük sözler değil.

İlki şu; Newton'ın uzay ve zaman fikri başta Leibniz'inkinden daha başarılıydı çünkü hareketin mutlak uzay ve zaman kavrayışına dayanan betimini kurmak ilişkisel hareketinkinden çok daha

kolay. Sorun şu ki her türlü ilişkisel betimleme karmaşık olmak zorunda çünkü bir şeyin nerde olduğunu ilişkisel olarak belirtmek için gerideki bütün evreni işin içine sokmak gerekecek. Hareketin ilişkisel bir kuramı, evreni işin içine çok parçacığın girdiği karmaşık bir sistem olarak ele almalı; bunu yapmak zor.

Bunun tam zıddına, hareketin mutlak bir kuramı, her seferinde bir tek parçacık ele alınıp, her bir parçacık mutlak uzay ve zamanın sabit yapısına göre betimlenmekle kurulabilir. Herhangi bir parçacığın uyduğu yasalar diğerlerinin ne yaptığından etkilenmezler.

Böylelikle uzay ve zamanın mutlak bir kuramı, belli bir bedel ödeyerek, fiziğin temel bir kuramının basit olmak gereği fikrini gerçekleştirebilmemize izin veriyor. Bu bedel ise, mutlak bir varlığın –mutlak uzay ve zaman– ön kabulü olup, varlığının amacı bütün nesnenin özelliklerine anlam verip onu bir arada tutmak. Newton bunu çok iyi anlamış, bedeline de razı olmuştu. Çünkü çağcıllarının hiçbirisi ilişkisel fikirlere dayanan işe yarar bir hareket kuramı geliştirmeyi becerememişti. Einstein da bunu anlamıştı. John Archibald Wheeler ondan bir alıntı aktarmıştı: Newton'ın "cesaret ve yargısını" övüyordu, daha iyi bir felsefeye karşı işe yarar bir kuram geliştirmeye giriştiği için. Solovine'e¹ "Mantığa karşı günah işlemedikçe genelde pek bir yere varamaz; ... bir ev ya da köprü, kendi asıl parçası olmasa da iskele kurmadan yapılamaz" diye yazdığında da bunları düşünmüş olabilir.

Ama Newton'ın başarısının ana sebebi, bir hareket kuramı verebilmek için mutlak uzay ve zamanı asıl kullanma yoludur. Newton'ın hareket kuramı için mutlak uzay ve zaman kavrayışının asıl yararı ne oldu ki? Mutlak uzay zaten tamamen gözlenemez değil mi? Nasıl oluyor da bilimsel bir kuramda gözlenemeyen bir şeyin rolü olabiliyor?

Dahası, mutlak uzaya inanılsa bile bu inancın, konumunu belirlemeye kalkışan bir kimseye yararı olmaz. Birisi nerede olduğunu bilmek istese bunun tek yolu konumunu gerçek bir takım fiziksel nesnelere göre işaretlemektir. Peki mutlak uzay fikrini ileri sürerken Newton'ın aklında ne vardı?

¹ Letters to Solovine-Good Reads. (Maurice Solovine, Einstein'ın ilk –özel– öğrencisi ve sonra yakın dostu ve "Olimpia Akademisi" dedikleri tartışma gruplarının bir üyesi.) –çn.

Bu soruların yanıtı şöyle ki boş uzayın gözlenebilir özelliklerinin olmaması pek doğru değil. Sadece, onları görebilmek için sırf nesnelerin nerede olduklarından fazlasını sormak gerekir. Bunları görmek için nesnelerin nasıl devindiklerine ilişkin sorular sormak gerekir.

Örneğin dönen ve dönmeyen nesneler arasında içkin bir fark var. Dönme dolaba binen herkesin bildiği gibi dönerken içinde bir şeyler hissedersiniz. Şu anda dönüp dönmediğinizi sorarsam, hayır demek için düşünmeniz gerekmez. Bu, dönme yeterince hızlıysa başka bir şeyle ilişki kurmak gerekmeden apaçık anlaşılır.

Diyeelim ki bir takım felsefe teröristlerince kaçırılmış olalım. Uyandığımızda kendimizi penceresi ve kapısı olmayan bir odada buluyoruz. Sartre'ın *Çıkış Yok* oyunundaki karakterler gibi dış Dünyayı görme ya da onunla bağlantı kurma olanağımız yok. Vakit geçirmek, bir de kaçışı planlamak için gerçek durumumuzu öğrenmeye çabalayabiliriz. Kapatıldığımız bu odada nerede olduğumuza ilişkin ne çapta bir şeyler öğrenebileceğimizi bilmek isteriz.

Konumumuzu sorgulayarak başlayabiliriz. Dışarıya bakabilme olanağından yoksunken odanın konumunu yakalayabilir miyiz? Sanırım bir anlık düşünme okuru yanıtın hayır olduğuna ikna edecektir. Bu ise somut bir anlam verilebilecek tek konum kavrayışının diğer bir şeye ilişkin bir konum olduğu gerçeği olduğunu ortaya koyuyor.

Pekâlâ! Ama odanın nerede olduğu belirlenemeyecekse eminim hiç olmazsa devinip devinmediğini bulabilmeliydik. Örneğin biraz önce betimlediğim gibi odanın dönmekte olup olmadığında anlaşılabiriz. Ama tüm hareketleri varlayabilir miyiz? Her ne olursa olsun, dışarıya bakamadan devinip devinmediğimizi söyleyebilir miyiz?

Bu sorunun yanıtı hayır? En karmaşık araçlarla bile eğer oda durgunsa ya da düzgün –yani doğru çizgi üzerinde sabit hızla devinmekteyse, dönmüyorsa ya da ivmeli değilse odanın durgunlukta mı yoksa hareketli mi olduğunu bulmak için yapacak hiçbir şey yok.

Artık bu, tren, otomobil ve uçakla yolculuk başladıktan sonra sıradan bir deneyim oldu. Ama 17. yüzyılın başlarında yolculuk bu denli yaygın değilken insanlar devindiklerine ikna edilmek du-

rumundaydı. Bilim yapıtlarının bir klasiği Galileo'nun *İki Büyük Dünya Sistemi Üzerine Diyaloglar*'ıydı:

Kendinizi bir arkadaşla birlikte büyük bir geminin güverte altındaki ana kabinine kapatın. Yanınızda birkaç sinek, kelebek ve başka uçan hayvanlar da olsun. Su dolu büyük bir kâse içinde balık da bulunsun. [Baş aşağı] astığınız bir şişeden alttaki kaba damla damla su aksın. Gemi durmaktayken küçük hayvanların nasıl kabinde duvardan duvara biteviye uçuşup durduklarını gözleyin. Balık oraya buraya ayırt etmeden yüzmekte, damlalar kaba düşüp durmaktadır. Arkadaşınıza bir şey fırlatmak gerektiğinde, uzaklıklar değişmediğinden bir yöne diğerinden daha kuvvetli atmanız gerekmez; iki ayakla sıçrayıp atladığınızda her yönde aynı uzaklığı aşarsınız. Bunları dikkatle gözledikten sonra –gemi durmaktayken her şeyin aynen böyle olmak gerektiğinden kuşumuz yok ya– geminin istediğiniz bir hızla gitmesini sağlayın, ama hareket düzgün olsun ve hiç yalpalamasın. Ne sözü edilen olgularda en küçük bir değişme olacağını göreceksiniz, ne de herhangi birisinden geminin devinip devinmediğini anlayabileceksiniz.

Atlarken, zeminde öncekiyle aynı uzaklıkları aşacak, gemi oldukça çabuk gitse de kış tarafa doğru –havada kaldığınız kadar altınızdaki döşemenin atlama yönünüze ters gitmesine karşın– başa göre daha uzun atlamayacaksınız. Yanınızdakine bir şey fırlatırken, siz ters taraftayken o baş tarafta da olsa kışta da ona erdirmek için daha büyük bir kuvvet gerekmeyecek. Damlalar, düşerken gemi epeyce yol alsa bile alttaki kaba kışa doğru sapmadan eskisi gibi inecekler. Sudaki balık yüzerken kabın önüne ardına gitmek için farklı çaba harcamayacak, her yere atılan yemlere aynı kolaylıkla erişecek. Son olarak kelekler ve sinekler uçmalarına her yöne doğru aynı tercihsiz uçuşacak, hiçbir zaman, sanki –uzun bir yolculukta ayrılmak zorunda kalabilecekleri– gemiyle aynı yolu yapmak için havada kalırken çabalamaktan yorulmuş gibi kış tarafa birikmeyecekler.

Peki ama dönme dolaptaki baş dönmesi, pilotun “orta karar türbılanstan geçiyoruz” dediği durumda içimin kalkması ne olacak? Olay şu ki, yönünde ya da hızında bir değişme olduğunda hareketi farketmek mümkün. Odamız fırlıdarsa bunu, hareket yönünde [sürekli] değişme demek olduğundan hissederiz. Birden hızlanırsa, biz de kuşlar, balıklar ve kelekler gibi arka duvara

doğru savrulacağımızdan² bunu hissederiz. Fakat düzgün hareketin varlığını saptayamayız.

Düzgün hareketin varlığının gösterilememesi Kopernikçi devrimde hayati bir rol oynadı, çünkü Galileo Dünya'nın hareketini nasıl hissetmediğimizi açıklamak durumundaydı. Bu aynı zamanda Galileo'ya tuzak oldu. Çünkü karşıtları "Demek ki Dünya'nın devindiğini savunuyorsun, aynı zamanda da bu hareketi hissedemeyeceğimizi savlıyorsun. Öyleyse devindiğimizi kanıtlamanın bir yolu var mı? Hareket bağıl bir kavramsa öğretiye uyup devinenin Güneş değil de Dünya olduğunu öğretmeyi sürdürmek belki (özellikle din savaşları ve toplumsal karışıklık sırasında) daha basiretli olurdu," diye yanıtlardı.

Cizvitler pek de saf değildi, Galileo'yu da tam bu noktadan yakaladılar. Sonuçta -hâlâ tartışmalı olan öyküyü basitleştirerek- Galileo hapsedildi, belki işkence gördü ve Dünya'nın devinimine ilişkin görüşlerini engizisyon karşısında geri alarak ömrünün geri kalanını ev hapsinde geçirdi.

Galileo, onu eleştirenleri Dünya'nın dönme ve dolanmasının ivmeli hareketler olduğuna işaret ederek yanıtlayabilirdi. İçimizin kalkmasıyla hissedemesek de daha incelikli yöntemlerle varlanabilirlerdi. Bunun yerine düşmanlarının kolayca farkedeceği, büyük sözlere dayanan hatalı savlar yürüttü. Niye daha iyisini yapmadığı öykünün gizemlerinden biri, ama yeni bir fikir mucidinin fikrinin kimi sonuçlarına karşı kör oluşu ilk değildi.

İvmeli hareketin öneminin farkına varılması ve resmin bütünleştirilmesi Newton'a kaldı. Ama bunu yaparken bir sorunla karşılaştı. Dönmesi olan ve olmayan hareketler arasında fiziksel bir fark olduğu apaçık. Ama bu farkın kökeni nedir? Eğer sonunda her hareket bağıl ise, baş dönmesi hissettiğimizde kendisine göre döndüğümüz bir şey var mı?

Aynı soruyu ivme için de sorabiliriz. İvmeli hareketle düzgün hareket arasında fiziksel fark olduğu apaçık, bunu gaz pedalına bastığımızda hissederiz. Demek ki, sabit [ve doğrusal] hızla harekette özel ve de görünüşe göre içkin bir şey var.

² Aslında önce arka duvar ve döşeme ileri çıkacağından hepimiz sanki geri fırlatıldığımızı sanırız, oysa var olan durumumuzu sürdürme eğilimindeyiz; çarparsak da gemiyi hızlandıran, yani ona ivme veren etkiye, duvarın itmesiyle dolaylı olarak maruz kalırız -çn.

Sorun şu, sabit hızda devinmek demek eşit zaman aralıklarında eşit uzaklıklar aşmak demektir. Ama bu, uzaklık ve zamanın ölçüsünü saptayacak standartlar olmasını ister. Eşit uzaklıklar dediğimizde bir uzaklık standardının, ona göre devindiğimiz bir cetvelin bulunması gerekir. Ama cetvelin devinmediğini nereden bileceğiz?

Aynı sorun zamanda da var. Düzgün hareketten söz etmek için bir saatimiz olmalı. Ama ne saat kullanacağız? Kullandığımız saatin kendisinin yavaşlayıp hızlanmadığını nereden bileceğiz?

Newton'ın öncelleri ve de Descartes, Huygens, Leibniz gibi çağcılları bu sorunlarla uğraştılar. Tüm hareketler bağışla o zaman dönmeli ve dönmesiz devinimler arasındaki farkı neye atfedebileceğiz? Newton kendi mutlak uzay ve zaman kavramlarını bu muammaya çözüm getirmek için ileri sürdü. Bu her şeyi çok daha basitleştirdi. Newton yalnızca, uzayın her noktasında içkin bir dönme ve dönmeme duyusu bulunduğunu saymıştı. Bu duyuyu, ona daha baştan verilmiştir. Böylece dönme ve genel olarak ivme doğrudan mutlak uzay ve zamana göre tanımlanıyor.

Newton, mutlak uzayı bu şekilde kullanarak görünüşte anlamlı doğa yasalarını da kurgulayabildi. Bunun en önemli örneği onun eylemsizlik yasasıdır (buna Newton'ın Birinci Yasası da denir). Bu, hiçbir kuvvetin etkilemediği bir cismin doğru çizgi boyunca sabit hızla devineceğini söyler. "Doğru çizgi" ile "sabit hız" tanımlarının belirlenmiş olmaması yüzünden böyle bir deyişin pek anlamlı olmaması bizi kaygılandırabilir. Ama Newton için yasa anlamlıdır, çünkü bu herhangi bir belli fiziksel kıyas noktasına göre değil, mutlak uzayın kendisine göre olmak gerekiyor.

Tabi ki bir şeyin şöyle olduğunu söylemek onu öyle yapmaz. Yüzleşilmek gereken bir sorun daha var: mutlak uzay ve mutlak zamanın mutlak gözlenemezliği hâlâ doğru. Gerçek evrende yaşayan bizler Newton yasalarını nasıl uygulayacağız? Tüm algıladığımız gerçek cisimlere göre. Ölçebildiğimiz tek zaman gerçek fiziksel saatlerin saydığı.

Bu sorunu Tanrı çözebilir, çünkü mutlak uzayda her şeyin nerede olduğunu O bilir. Ama bizler Tanrı değiliz, mutlak olana da doğrudan erişimimiz yok. Öyleyse yalnız ilişkisel uzay ve zamanı algılayabilen bizler bunların mutlak karşılıkları cinsinden ifade edilen yasaları nasıl algılayıp da ölçeriz?

Bu, kimi dinlerin yüzleştği bir sorundan farklı değil: Tanrı'nın dediklerinin ne olduğunu, bunlar yalnızca başka insanların sesleri aracılığıyla işitiliyorsa nasıl bileceğiz? İlahi varlığın düşüncelerini söyleyebileceklerini hem hakiki dindarlar hem de hakiki şizofrenler ileri sürebilir. Bu ikilemin ilke bazında kaçınılmazlığı, dine bağlılığı iyi ya da kötü, bir an bile durduramadı. Şüphesiz olan şey, bir dine inananların, mutlak olanın sözlerini hangi savların en büyük olasılıkla, en iyi temsil ettiğine karar vermek için en iyi usavurmayı uygulamanın yollarını bulmaları. Ve de zaman zaman akıllıca seçim yapmadıklarını kim diyebilir ki? Sözleriyle önceki bölümü açtığımız kişinin bilgeliğine hayranlık duymak için Budist olmak şart değil.

Bu, Newton'ın mutlak uzay ve zamanını gerçek gözlemcilerin ölçtüklerine bağlama sorunuyla aynı. Newton yasalarını sınamak isteyen bir deneyci, hangi saat ve cetvellerin mutlak nicelikleri ölçmek için en elverişlisi olduğuna ilişkin bir yargıda bulunmalıdır. Kuramın yüzyıllar boyu süren başarısı, konunun mantıksal temellerine ilişkin ne gibi kafa karışıklığı varsa deneyciler, Newton yasalarının iyi etki göstereceği durumları tasarlamakta zorluk çekmediler.

Fizik öğrenmenin zorluğuna şaşmamalı. Genelde öğrencilere öğretildiği şekliyle Newton fiziği pek de tam anlamlı olmuyor, çünkü öykünün hepsi söylenmiyor. Konum, hız ve ivme genelde çok basit ve apaçık anlamları varmış gibi sunuluyor ama öyle değiller. Daha da zor olanı ise kuvvet ve kütle kavramları; ders kitaplarında bunlar için verilen tanımlar neredeyse kısır döngü. Öğrencilere kafaları karıştıysa bunun haklı olduğu ve yüzyıllardır bunun tartışıldığı pek söylenmez. Birçoğu pek temeli olmayan bir fen öğrenememe duygusuyla bırakıp giderler.

Başlangıç düzeyindeki bir fizik ders kitabını okuduktan sonra Newton fiziğini anlamamanın tamamıyla uyumlu ya da mantıksal bir yolu olup olmadığı dert edilebilir. Aslında var, ama bunu, Newton o denli zekâsına karşın bilmiyordu. Bu, 19. yüzyıldan önce ortaya konulamadı. Çözölmek zorunda olan problem dinle ilgili olanla aynı: kimin gözlemlerine güveneceksiniz? Gereksinilen şey, herkesin, çalışan deneycilerin, astronomların ve mühendislerin informel yargılarıyla, ölçümleri mutlak uzay ve zamanın akışını

yansıtacağına güvenilecek gözlemcileri, nesnel olarak ayırt edebileceği, formel bir üstünlükle değiştirmenin yolu. Bu problem en sonunda, fiziğin gelişmesinde çarpıcı bir etkisi olacak çok yararlı bir kavramsal hünerle çözüldü.

Newton'a tamamen anlam vermek için gerekli basamak devrimciydi, çünkü hareket yasalarının betimine gözlemcinin apaçık katılmasından başka bir şey değildi. Bu da, harekete ilişkin anlatımların, yalnız belli bir takım gözlemcilere göre ifade edildiklerinde anlam kazandıkları bakışının açıklık edinip mümkün olmasını ve biçimselleşmesini sağlar.

Kurama göre, bir gözlemci, cetvel taşıyarak bununla kendilerine göre devinen bir cismin yerini belirleyen birisi ya da bir şeydir. Bir gözlemci, tipik olarak, devinimdeki her şeyin konumunu verecek görünür fiziksel koordinat eksenleri görevi yapan birbirlerine dik üç cetvel taşıyan birisi olarak görülür. Gözlemci bir de saat taşır, bu da çeşitli olayların zamanını saptamakta kullanılır.

Bütün bu aygıta, yani gözlemci, cetveller ve saate *referans çerçevesi* denilir. Yukarda alıntılıdığım paragrafta Galileo'nun betimlediği tamı tamına bir referans çerçevesiydi: gemide kamanın duvarları denizcilerin odadaki çeşitli canlı ve cansız nesnelerin yerlerindeki değişiklikleri kıyasla ölçebilecekleri tamı tamına bir referans noktaları takımı sağlamaktaydı.

Bu pek işe yarar görünmeyebilir, çünkü bütün gözlenebilen şey, referans çerçevesi ile nesneler arasındaki bağıl hareketten başka bir şey değil. Referans çerçevesi gelişigüzel devinebilecekse –düşlenebilecek her türlü ivmesi olabilir ve dönebilir– bağıl hareketin nedenlerini ayıklamak zor olacaktır. Gene geriye, Newton'ı mutlak uzayı ileri sürmeye götüren bağıl hareket ikilemine döndük. Bütün yaptığımız, söylemin içine gözlemciyi sokarak sorunu belirginleştirmek. Ama bir gözlemciden söz edebildiğimiz için şimdi bir çıkış yolu var. Daha önce de söylediğimiz gibi kimi gözlemcinin devindiğini hissedebildiği, kiminin ise hissedemediği olgusunu kullanabiliriz.

Hareketlerinin etkilerini hissetmeyen gözlemciler –dediğimiz gibi ivmesiz olanlar– özel bir sınıfa konulabilirler. Bunlara *eylemsizlik gözlemcileri* denilir. Eylemsizlik (ivmesiz) gözlemcilerinin iyi yanı, bunlara göre betimlendiğinde nesnelerin devinimleri

özellikle basit görünmesidir. Örneğin Newton'ın birinci hareket yasası tam olarak şöyle ifade edilebilir: Üzerinde hiçbir kuvvet etkisi olmayan bir cisim *bir eylemsizlik gözlemcisi tarafından* sabit hızla bir doğru çizgi üzerinde gider *görünür*. Dolayısıyla mutlak uzay ya da zamana değinmenin hiçbir gereği yoktur. Newton fizliğini bütünüyle eylemsizlik gözlemcisinin gördükleri cinsinden ifade edebiliriz.

Eylemsizlik gözlemcilerine ilişkin, başta kafa karıştırır görünen ama sonra da bütün devinme konusunun anahtarı olan bir husus var: birçok eylemsizlik gözlemcisi bulunur ve bunların hepsi birbirlerine göre devinirler. Örneğin bir diğer eylemsizlik gözlemcisine göre bir doğru çizgi üzerinde sabit hızla giden bir gözlemci de bir eylemsizlik gözlemcisidir. Çünkü eğer birincisi dönmüyor ya da ivmesizse ikincisi de öyledir. Böylece bir parçacığı hızı ve yönü bakımından farklı farklı görseller de herhangi iki eylemsizlik gözlemcisi bunun bir doğru çizgi üzerinde sabit hızla gittiğinde anlaşılabilecektir.

Bütün bu oyun işe yarar, çünkü bu eylemsizlik gözlemcilerinin hiçbirisi kendi bağıl devinimlerinin hiçbir etkisini hissetmezler. Çünkü içkin olarak tek hissedilen yalnızca ivme olup, her bir gözlemci kendi hareketinden bilinecek herhangi bir etkiye duyarlıdır. Her iki eylemsizlik gözlemcisinin de kendilerinin durgunlukta ve diğerinin devinmekte olduğunu aynı geçerlilikle ileri sürebileceklerinden dolayı "durgunlukta olma" yalnızca bir "bağıl" kavram olabilecektir; yani durgun bulunduğu yalnızca, belli bir eylemsizlik gözlemcisine göre söylenebilir. Evrende, yalnızca mutlak bir konum kavramı ile ilintilendirilebilecek hiçbir şey olmadığı gibi, mutlak bir durgunluk kavramıyla ilintilendirilebilecek de hiçbir şey yoktur. Bir şeyin durgunlukta mı yoksa sabit bir hız vektörüyle mi devindiği, hareketi betimlemekte hangi referans çerçevesinin kullanıldığına bağlıdır.

Einstein'dan beri hareketin bağıllığı denilen şeyin anlamı budur. Ancak, söylemekte olduklarımdan apaçıktır ki hareketin bağıl olduğu Galileo ve Newton tarafından keşfedilmişti; Einstein ise fikrin merkeziliğini farkedip daha geliştirdi.

Bir süre ara verip bütün bunları düşünelim. Çünkü konuşmakta olduklarımız bütün bilim tarihindeki en temel keşif ve en derin

gizemdir. Bir şeyin konumuna verilebilecek nesnel bir anlam yok. Bir şeyin hareketinin hızı ve yönüne de verilebilecek nesnel bir anlam yok. Ama ivmeye verilebilecek nesnel bir anlam *var* görünüyor. Düzgün doğrusal hareket ile ivmeli hareket arasındaki ayırım kesinlikle hareketi anlayışımızın merkezinde duruyor. Bu, 17. yüzyıldan beri evrene ilişkin edinmiş olduğumuz modern kavrayışın özündedir. Sanırım, hiç abartısız söylenebilir ki bunu anlamayan, bir ara sakın dururken hareketin bağıllığı ve durgunlukta oluşun nesnel bir kavranışının anlamsızlığıyla yüzleşemeyen bir kimse, en azından fiziksel evreni kavrayışı bakımından orta çağlarda yaşıyor olmalı.

Hareketin bağıllığı/göreliliği hem bir gerçek hem de bir gizem. Ama doğa rasyonelse hiçbir gizemin geçirmezliği olmamalıdır. Sonraki adım bizi gizemin özüne götürecek bir soru çatmalıyız. Hareketin bağıllığı durumunda soruyu sormanın bir yolu merak etmek: hızla ivme arasındaki bu ayırımın sebebi nedir?

Newton için yanıt basitti: İvme mutlak uzay ve zamana göre tanımlanır. Ne yazık ki görünüşe göre Leibniz bu hususa hiç bakmamış. Bu hayati bir yanılgıydı. İvmenin etkilerini içimizde hissedebildiğimizden dolayı Newton Leibniz'in savlarını "Mutlak uzay ve zaman vardır, işte evrendeki etkileri" diyerek kolayca karşılayabiliyordu. Uzay ve zamanın ilişkisel görülüşünün, izleyen iki yüzümlü aşkın sürede bir felsefi ilginçliğe indirgenmesi, Leibniz'in bu husustaki yanılgısıydı.

Peki Leibniz bu hususta Newton'ı yanıtlayabilir miydi? Biliyoruz ki, evet, çünkü vermesi gereken yanıtı biliyoruz. Bu, 1880'lerde Viyanalı fizikçi ve filozof Ernst Mach'ın verdiği yanıtı.

Bir filozof olarak Mach, pozitivism olarak bilinen görüşün ilk ve en kuvvetli yandaşlarından birisiydi. Pozitivism temel ilke olarak, bilimde yalnız doğrudan gözlenebilen şeylerden anlamlı olarak söz edilebileceğini benimser. Bu felsefe en aşırı biçimiyle zıvalığa götürür. Gerçekten de, görünüşe göre, doğrudan gözlenemedikleri için atomların var olabileceklerine şiddetle karşı gelmişti. Ama kimi zaman olabileceği gibi, mutlak bir ilke olarak ele alındığında zırva gelen bir felsefi fikir, yalnızca bir stratejiyse önemli sezgilere götürebilir. Mach'ın bilimdeki gözlenemeyen öğeleri reddetmesi kesinlikle böyledi.

Mach'ın inancına göre gözlenebilir bir şey ne zaman gözlenemeyen bir şeye bağlanarak açıklansa, sebebin gözlenemezliğinin aslında yalan olduğu ortaya çıkacaktır. İyi bakıldığında, evrende daima aranan şeyin asıl sebebi olan gerçek bir şey olacaktır. Bu durumlarda varsayılan gözlenemeyen şey aslında asıl şeyin dublörüdür. Mach bir gerçekçi ve iyimserdi. Kurmaca, gözlenemeyen şeyleri gerçek gözlenebilir olanlarla değiştirdiğimizde kendimizi geçmişin mitoslarından özgürleştirebileceğimize inanıyordu.

Dönmenin, doğrudan yaşandığında gerçek fiziksel etkileri var. Mach, bunun, evrende gözlenebilir bir şeye dayanan bir sebebi olmak gerektiğine inanıyordu. Buna Newton'ın açıklaması ise mutlak uzaya göre dönmenin ivme hissettirmesi. Ama mutlak uzay gözlenemediğinden onu etkilemek ve değiştirmek için yapabileceğimiz hiçbir şey yok, dolayısıyla gerçek olamaz. O zaman da evrende kendisine göre dönülen bir şey olmalı ki bu fırlıdadığımızda midemizin bulanma sebebi olsun.

Soruyu böyle sorunca Mach bir yanıt buldu: Baş dönmesi hissettiğimizde kendisine göre döndüğümüz şey gerideki bütün evren. Yıldızlı bir gecede dışarı çıkıp göğe baktığınızı düşleyin. Pek az kişinin bilmeden farkettileri ilginç bir raslantı var: Kendi dönme ve dönmeme duyumuza göre, bir bütün olarak evren dönmemekte.

Şüphesiz yıldızlar tepemizde dönüyor; yirmi dört saatte bir tur. Ama biz bunun Dünya'nın dönmesinden dolayı olduğunu biliyoruz. Bunu çıkarırsak hatırı sayılır bir olguyla karşılaşırız. Gökadalar bize göre çok büyük hızlarla (saniyede birkaç yüz kilometre) deviniyor. Evrenin dönüyor olması da basbayağı akla yatkın. Bu, güneş sistemindeki gezegenler ve gökadamadaki yıldızlar için böyle değil mi? Newton mekaniğinde evrenin bize göre dönme olanağını reddedecek hiçbir şey yok. Ama böyle değil. Newton'ın mutlak uzayına inanıyorsak bu olgunun hiçbir açıklaması olamaz. Bu yalnızca bir raslantı olabilir.

Öte yandan Leibniz ve Mach'a yani her hareketin bağıl olduğuna inanıyorsanız, bu bir raslantı olamaz. En sonunda dönmemizin, bizimle evrenin geri kalanı arasındaki bağıl hareket dışında bir anlamı olmamalıdır.

Normalde bir soruyu başka bir soruyla yanıtlamak kabalıktır ama zaman zaman başka yapacak şeyimiz olmuyor. Dolayısıyla

bilimde de kimi zaman yapılacak doğru iş bir soruyu yanıtlamak değil, bunu farklı bir şekilde ifade edecek yeni bir soru bulmak. Evrenin dönmediği gerçeğiyle yüzleştğinde Ernst Mach'ın yaptığı da bu oldu. Soruyu şöyle yeniledi: uzak gökadalara göre döndüğümüzde içimiz bir tuhaf oluyor. Ama biz kımıldamadan dururken bütün evren etrafımızda döndürülürse etkisi ne olur? Karnımızda aynı etkiyi hisseder miyiz?

Gerçekliğin gözlenebilir olanlardan başka şeyden oluşmadığına inanan Mach için, tek mümkün yanıt evettir. Dönen biz de olsak bütün evren de, bizimle gökadalardaki bağıl hareket aynı olacaktır. Uzak gökadalara göre döndüğümde başım dönerse, gökadalardaki etrafımda döndüğünde de başım dönmeli.

Newton bu soruya yanıtı tam tersi olurdu. Ona göre iki durum tamamen ayrı olup birinci durumda ben mutlak uzaya göre dönerken gökadalardaki dönmüyor, ikinci durumda ise ben durgunlukta, mutlak uzaya göre dönen şey gökadalardaki. Böylece Newton'a göre başım, yalnızca birinci durumda döner çünkü bu etki benim mutlak uzaya göre dönüşümden ileri gelmekte olup gökadalardaki hiçbir ilgisi yok.

Ne yazık ki kimin haklı olduğunu görmek için evreni döndüremiyoruz. Ama bu tartışma gene de yararlı çünkü Mach'ın bize verdiği her hareket kuramının, eğer Leibniz'in ilişkisel uzay ve zaman görüşüyle uyuşacaksa, uyması gereken bir ilke: *Biz döner, evrenin geri kalanı dururken bir etki hissediyorsak, yıldızlar ters yönde döner biz duruyorsak gene aynı etkiyi aynen hissetmeliyiz.* Bu artık *Mach ilkesi* olarak bilinmektedir.

Newton'ın hareket kuramı bu ilkeyle uyuşmaz. Bunun Mach ilkesiyle uyuşacak bir kuramla değiştirilmesi gerektiği onu okuyanlar için hemen apaçık anlaşılır. Genç bir öğrenci derslerini kırararak edindiği boş zamanında Mach'ı okuyarak o kuramı icat etti. Öğrenci Albert Einstein'dı.

Leibniz'in, ilkesini hareket problemine başarıyla uyguladığı ve hareketin bağıllığına/göreliliğine mantık çerçevesinde vardığı bir gerçektir. ... Leibniz ile Clarke arasındaki ünlü yazışmayı okuyunca, sanki Leibniz savlarını Einstein'ın kuramından almış gibi görünüyor.

—Hans Reichenbach, *"The philosophical significance of relativity"* [Göreliliğin felsefi anlam ve önemi]

ON SEKİZ

EINSTEIN'IN GÖRELİLİK KURAMININ ANLAMI

Derin şeylerin aynı zamanda zor olması gerektiğine inanmak isteği sanırım yirminci yüzyıla özgü. Yüzyılın en büyükleri olarak kabul edilen yazarları –Joyce, Beckett ve diğerleri– *Finnegans Wake* gibi, uzmanlar dışında kimsenin okuyamadığı üstün eserleri üretmişlerdi. Derken, koşullanmamış olanların, postmodern enstasyonların ve gösteri parçalarının ardındaki entelce büklümlere nüfuz etmek bir yana, soyut sanattan anlamalarının ne denli zor olduğu sürekli alay konusu olmakta. Fizikte ise, elimizdeki genel görelilik kuramı evrenimizi anlamadaki en ileri gelişmeyi yakalamış olsa da genelde ifade edildiği matematik, fizik lisans programlarında öğretilmez bile.

Derin olan ile zor olanın böyle bağlı olmaları aslında şüphesiz doğru değil. Joyce'un öyküleri ve Beckett'in oyunları onlara tepki vermemiz için bizden, durumumuzun acınasılığına açık olmaktan başka bir şey istemez. Onlar kesinlikle başka, daha az erişilen eserler de üretmişlerdi ama sanırım hepsi bunlar olsaydı onlar bizi pek ilgilendirmeyecekti. Benzer olarak soyut, dışavurumcu resimler ve yüzyılımızın diğer büyük sanat eserlerini dolduran duygu, gözlerimizden kurama gereksinmeden dosdoğru içeri girer.

Bu, genel görelilik için de böyle. Bütün kuram çok basit bir fikre dayanır, öyle ki bu bir yeni yetmeye açıklanabilir. Sadece, düşme deneyimini düşleyip, düşenlerin hiç ağırlık hissi duymadığını düşünmek yeterli. Bu harcı evren olgu, Einstein'ın ellerinde, evreni anlama şeklimizde adamakıllı bir değişmeye yol açtı, tıpkı Cezanne olağan nesnelerin basit görünümelerini tablolarıyla değiştirdiği gibi.

Ayrıca yüzyılımızın [20.] en güzel sanatındaki doğrudan duygusallığın ardında sık sık derin bir şey olup bu yalnız dolaylı olarak ifade edilip buna sanatçının, tarihin bu tuhaf noktasında insanlar olarak yüzleşmesi denilebilir. Basitliğine karşın genel görelilik, Leibniz'in uzay ve zamanı ilişkisel kavrayışını ifade eden ilk fizik kuramı olarak, evrendeki konumumuzu derinden bir anlayışı da yansıtıyor.

Şüphesiz, bir fizikçi olarak genel görelilik kuramını gerçekten öğrenip onu kullanmayı becerebilirse öğrenmesi şart olan belli bir matematik kitlesi var. Ama bir kozmoloji kuramı kurmanın ne demek olduğu gibi genel bir sorunla ilgilendiğimizden, bunu burada göz ardı edebiliriz.

Son bölümlerde uzay ve zamanın ilişkisel kavranışını gerçekleştirecek bir kuramın kuruluşu için iki adım atmıştık. Leibniz bize, Newton'ın mutlak uzay ve zamanı gibi öncel ve değişmez yapılarla başvurmayı reddetmeyi öğretti. Ama bunların yerine ne konulacağını söylemedi. Mach yaptı, çünkü bize böyle bir mutlak varlığın her kullanışının gerçek ve elle tutulan bir şeye örtük bir saklı bir şeye atıf olduğunu gösterdi. İvmelendiğimizde bizi iten şey mutlak uzay olamaz çünkü böyle bir şey yok; bu, bir şekilde evrendeki bütün madde olmalı.

Artık Einstein'la birlikte uzay ve zamanın mutlak kavranışından ilişkisel olana dönüşümünde üçüncü adımı atmaya hazırız. Bu adımda Mach'ın uzak gökadarlar için dublör olarak tanıdığı mutlak öğeler, kendisiyle örüntülü dinamik bir kozmosa bağlanmıştır. Sonuçta ise Newton için mutlak ve ebedi olan uzay ve zamanın, geometrisi dinamik, rassal ve yasal olmakta.

Bunu yapmak için Newton'ın, ilişkisel görüşü baştan reddetmesinin sebebiyle yüzleşmeliyiz. Bu da, görünürde konum ve hız yalnızca belli gözlemcilere göre tanımlanırken, ivmenin mutlak

bir anlam taşıması olan görünüşteki gerçeği ifade etmektir. Uzay ve zamanın ilişkisel bir kuramı, ivme kavramını da bağışlaştırmak zorundadır. Kimin ivmeli kimin ivmesiz olmasını ayırt etmeyi ve bunların bir kerede ebedi olarak saptanmış olmayıp, kimi rassal olgulardan ileri geldiğini keşfetmek zorundayız. Dönerken baş dönmesine neden olan olayı belirleyip adlandırmalı ve de bunun hangi yasalara uyduğunu bulmalıyız.

Genelde bir şeyi mutlakların sanal rassal ve ilişkisel olan gerçek evrene getirmek bunu doğa yasalarının alanına sokmaktır. Bunu, değişebilir, etkilenebilmesi kadar etkileyebilen bir dinamik aktör yapmalıyız. Genel görelilik tamı tamına, şimdi açıklayabileceğim gibi ivmeli ve ivmesiz arasındaki ayrıklığı rassal ve dinamik yaptığımızda ortaya çıkacak kuramdır.

Bu azıcık soyut görünebilir. Kimin ivmeli ve kimin ivmesiz olduğunun ayrıklığı pek elle tutulur bir şey gibi gelmeyebilir. Bu da, uzay, zaman ve kütleçekim gibi görünmezdir. Bu her hareket, taşıma, kaldırma deneyiminde hissedilir. Sanki her an ve her yerde ivmeli hareketi ivmesizden ayırık yapacak ruh gibi bir varlık bulunuyor. Üzerinde duracağımız şey işte bu.

Bunu daha kolay kavranabilir yapmak için ona bir ad vermek yararlı olabilir. Buna *uzayzaman metriği* denilir. Metrik kelimesi ölçmeyle ilgili olup, ivmeli ile ivmesizi ayırt eden ruh gibi varlığa böyle denmesinin sebebi bunun, her hareket ölçüsü için gerekli oluşudur.

Newton fiziğinde ivmeli ve ivmesiz hareket arasındaki ayrıklık her yerde her zaman için saptanmış varsayılr. Aynı şekilde Newton'a göre uzay-zaman metriği de ebediyen saptanmıştır. Bu demektir ki Newton fiziği doğruysa uzayzaman metriği her şeyi etkileyen bir şeydir ama ona etkileyen hiçbir şey yok. İlişkisel bir evrende bu kabullenilemez. Etkiyen ama etkilenemeyen hiçbir şey olamaz. Mach'ın peşinden biz de ivmeliyle ivmesiz arasındaki ayrıklığın belli bir şekilde ve belli bir uzay ve zamanda belirmesine somut bir neden aramalıyız. Gezegenimizdeki dönme hissimiz ile uzak gökadar arasında kesinlikle bir ilişki bulmalıyız.

Bunu nasıl yaparız? Anahtarı basit bir olgu: bu, kütleçekim olgusuyla yüzleşmeden ivmenin tanımını kurcalayamayız. Kütleçekim kuvvetinin şimdi açıklayacağım belli nitelikleri sebebiyle

ivmenin tanımını değiştirebilir yapmak, *kesin* kütleçekimin bir kuramını yapmaktır.

Doğada kütleçekimden daha basit bir olgu yok. Basittir, çünkü doğadaki diğer kuvvetlere benzemeyen yanı etkilerinin evrensel olmasıdır. Bu yalnız, her şeyin kütleçekimin etkisiyle düşmesi demek değil, her şeyin tamı tamına aynı şekilde düşmesi demektir.

En yakın pencereye gidip iki cisim bırakın. Yalnızca kütleçekim etkisi olduğu kadarıyla ikisi de tam aynı hızla düşerek yer tam aynı anda varacaklar. Bu, kütlelerinden, neden yapıldıklarından, canlı olup olmadıklarından ya da herhangi bir şeyden bağımsız olur.

Tabi aslında, deneyi yaparken çoğu kez iki cisim yere birlikte çarpmayacaklar. Bunun sebebi, ivmeye direnen hava sürtünmesidir. Ama bir şekilde deneyi havanın yokluğunda, diyelim ayda ya da uzay boşluğunda yapsanız tüm düşen cisimlerin hareketleri özdeş olurdu.

Bu, etkiyen tek kuvvet kütleçekim olduğunda her hareket için geçerlidir. İki cismi fırlatsanız, öyle ki elinizden çıktıkları anda hızlarının yönü ve büyüklüğü aynı olsa, hareketleri de tıpatıp aynı olacaktır. Ağırlıksızlık olgusunun kökeninde bu var. Uzay mekiği ya da Soyuz uzay istasyonu, sakinleriyle ve içerdikleri her şeyle birlikte kütleçekim etkisiyle serbest düşmekte. Ama kütleçekimin evrenselliğinden dolayı hepsi birlikte düşüyorlar. Uzay istasyonunun sakinleri hareketlerini hissetmezler çünkü içindeki her şey hep aralarında aynı ilişkisi sürdürecektir.

Ağırlıksızlık çok ilginç bir şekilde aşağıdaki gibi betimlenebilir: düşen birisi kütleçekimin etkisini hissetmez! Bu basit fikir genel görelilik kuramının bütün temelidir. Einstein bunun için "yaşamımın en mutlu fikri" demişti.

Bu onu çabucak, ardından kuracağı kuramın özündeki fikre götürecek bir düşünce deneyine yöneltti. Önceki bölümde konuk olduğumuz penceresiz odaya geri gidelim. Uyurken birilerinin odamızı çok uzun bir asansör boşluğuna taşımış olduğunu düşleyelim; içinin de havası boşaltılmış, böylece hareketi yavaşlatacak bir etki kalmamış olsun. Sonra da taşıyıcı kabloyu kesip düşmize yol açsınlar. Uyanıp düştüğümüzü ve ağırlıksız olduğumuzu hissediyoruz. Peki ama emin olabilir miyiz? Odanın dışına bakmadan gerçekten de Dünya'nın kütleçekim alanında düştüğümüzden emin olmamızın bir yolu var mı?

Ağırlıksızlığımızdan ve artık bizi yere doğru çeken kütleçekim kuvvetini hissetmemizden düştüğümüzü biliyor olabiliriz. Yok bu kadar çabuk değil. Düştüğümüzden emin olabilir miyiz? Bu işgüzar dostlarımız bizi bir asansör boşluğuna yerleştirmek yerine, odayı uzay boşluğuna, gezegen ve yıldızlardan dolayısıyla da kütleçekim kuvvetinden yeterince uzağa, götürüp bırakmadıklarını nereden bileceğiz? Odadan dışarıya bakmadan herhangi bir kütleçekim etkisinden özgürlükle bir kütleçekim alanında düşme arasındaki farkı nasıl bilebileceğiz?

Yanıt: bilemeyeceğiz. Umarım, bunu daha önce işitmemiş olan okur bir an ara verip şu olgu üzerinde düşünür: kütleçekim alanında düşenlerin bu alanın varlığını saptamalarının hiçbir yolu yoktur.

En azından kısa bir süre için. Çünkü şüphesiz eğer asıl durum asansör boşluğuna kısılmışsak önünde sonunda dibine varacağımızdan farkı anlayacağız. Öyleyse –gerçekte bizi seven– bu dostlar asansörün altına bir roket yerleştirmişlerse, bunu ateşleyerek düşüşümüzü yavaşlatarak güveni olarak inmemizi sağlamış olabilirler. O zaman hep Dünya üzerinde olduğumuzu kesinlikle bileceğiz, çünkü artık kütleçekimin etkisini hissedebileceğiz. Ya da ... öyle mi?

İvmelendiğimizi biliyoruz, çünkü hissedebildik. Ama sonuçta Dünya'ya indiğimizi doğru olarak mı biliyoruz? Bunun yerine aslında yurdumuzdan çok uzaklarda uzayın derinliklerinde olmamız ve odanın altındaki roket motorunun Dünya yüzeyindeki duran kütleçekim ivmesini veriyor olması mümkün değil mi? Bu durumda, Dünya'da kütleçekim alanıyla çekildiğimiz gibi döşemeye itildiğimizi hissederiz. Elimizden bir şey, diyeli şu kitap kurtulursa görünürde döşemeye doğru ivmelenecek. Şüphesiz onun ivmesi yok, olduğu yerde dururken, döşeme ona doğru ivmeleniyor.

Einstein burada derin bir ilke olduğunu gördü. Bu, kütleçekim olgularının tüm gizemlerinin anahtarıydı. Buna *eşdeğerlilik ilkesi* dedi. İleri sürdüğüne göre bir kütleçekim alanında serbest düşen bir odanın içinde olmakla uzay boşluğunda düzgün doğrusal devinen bir odada bulunmak arasındaki farkı anlamak olanaksızdır. Ayrıca uzay boşluğunda, yer yüzeyindeki çekim ivmesiyle giden bir oda ile Dünya yüzeyinde duran bir oda ayırt edilemez.

Bu basit ilkedен, ışığın sapması ve saatlerin kütleçekim alanında yavaşlaması gibi birçok güzel etki çıkar. Eğer bu bir ders kitabı olsaydı bunları anlatırdım, ama bunun yerine ana tartışmaya dönerek kendimize verdiğimiz iş için söylediklerimizin getireceklerini ortaya çıkartmak istiyorum. Bu iş, Newtoncu uzay-zamanın sabitlenmiş yapısının nasıl dinamikleştirilebileceğini görmek olacak. Çünkü eşdeğerlilik ilkesinin ivmeli ve ivmesiz gözlemcilerin ayırt edilmesin cinsinden güzel bir yorumu var.

Oturduğunuz odada çevrenize bir bakın ve çevrenizdeki değişik gözlemcilerin değişik hareketleri olan ruhlar gibi olduklarını hayal edin. Her biri çevrelerindeki hareketlere dikkat edip betimlemekte olsunlar. Kimisi yanı başınızda dikili, kimisi de bir yerde dönmekte olsun, diğerleri odada sabit hızla yürümekte kimi ivmeli kimi de düşmekte olsunlar.

Şimdi hangilerinin ivmesiz gözlemci olduğunu soralım. Hangileri eylemsizlik gözlemcisi dediklerimize karşılık geliyor? Daha önce verdiğimiz tanıma göre bunlar, serbest parçacıkların (üzzerlerinde hiçbir kuvvet olmayanlar), onlara göre dikilip durdukları ya da düzgün doğrusal devindikleridir.

Ben put gibi oturuyorum, öyleyse ben de eylemsizlik gözlemcilerinden birisiyim diye yanıtlamanız doğal. Ama bunun iki sorunu var. Birincisi savınızı onayacak bir serbest parçacık bulamayacaksınız. Devinen her şey düşer. Kütleçekim evrensel olduğundan, çevresindekilerin hepsi düşerken, uzayda süzülen bir serbest parçacık fikri kuruntu olup hiçbir gerçek şeye karşılık gelmez.

İkinci sorun da bunun eşdeğerlilik ilkesini çiğnemesidir. Çünkü biz, odamızda otururken, tamı tāmına, durmadan ivmelenen bir odadaki kimselerin durumuna karşılık geliyoruz.

Bu belki biraz kafa karıştırıcı. Bunu yoluna sokmak için zihnimizi açık tutmamız gerekiyor. Bunu da en iyi şekilde, emin olduğumuz şeylere bağlı kalarak yapabiliriz. Kütleçekimin yokluğunda, hangilerinin ivmeli hangilerinin de ivmesiz eylemsizlik gözlemcileri olduklarını biliyoruz. Kafa karıştıran ise bu ayrıklığın kütleçekim varken nasıl yapılabileceği. Çünkü kütleçekimle ivmenin etkileri gerçekten ayırt edilemiyor.

Bunu yaptığımızda söylemek isteyeceğimiz şey, burada Dünya'daki eylemsizlik gözlemcileri; eşdeğerlilik ilkesine göre uzayın derinliğindeki eylemsizlik sisteminde olanlara karşılık gelenlerdir. Bunlar ise düştüklerini sandıklarımızdır!

Bunun üzerinde derin derin düşünmek için bir an duralım. Öyle ki anladığınızda siz de felsefecilerle yazın kuramcılarının yazmaya bayıldıkları şu ünlü paradigma kaymalarından birisini yaşayacaksınız. Öne sürmek istediğim şey şu, düşmekte olan gözlemcileri eylemsizlik gözlemcisi olarak düşünürsek bütün kütleçekim olgularını anlayabiliriz. İskemlemde aşağıya itilmem ya da elimden kurtulan nesnelerin yere düşmesi artık içinde bulunduğum odanın ivmeli olma olgusunun bir sonucudur.

Bunu artık önceki tartışmalarımıza bağlayabiliriz. Önceki bölümde bütün amacımız kimin ivmeli kimin ivmesiz olduğunun ayırt edilmesinin uzay ve zamanın içkin yapısının parçası olarak düşünülebileceği idi. Newton için bu mutlaklı. Biz ise, Mach ile Einstein'ın peşinden bunu dinamik yapmak istiyoruz. Şimdi yapabiliriz. Onu dinamik yapmak demek, ayrıklık değişik yerlerde değişik zamanlarda değişik olarak çıkabilir demektir. Şimdi bütün yapmamız gereken, ayrıklığın çıkmasına Dünya gibi büyükçe kütleli bir cismin neden olacağını ve -Dünya'daki bir kimsenin bakış açısından- eylemsizlik gözlemcilerinin merkeze doğru ivmelenenler olduklarını ileri sürmek. Böylelikle de kütleçekimini, eylemsizlik sistemindekiler ile ivmeli gözlemcilerin ayrıklığını dinamik yapan etkiyle tamamen özdeşlememiz mümkün olabilir. Bir şekilde kütle bu ayrıklık özeliğini oluşturacak etkilemeyi yapıyor. Dolayısıyla büyük bir kütlenin yakınında bulunan her noktada eylemsizlik gözlemcileri onun merkezine doğru düşenlerdir.

Bunun yapılışının ayrıntılarına girmemiz gerekli değil. Einstein denklemini denilen bir denklem var. Bu, madde ve enerji dağılımlarının ivme tanımını etkileme şeklinin nasıl seçileceğini söylüyor. Bu denklemleri çözerek betimlemekte olduğumuz tüm olguları keşfedebilirsiniz.

Bu, Einstein'ın genel görelilik kuramının özüdür. Düşüyoruz ve bunu hissetmiyoruz ama bütün kütleçekim olgusu nasıl düştüğümüzden başka bir şey değil.

Astronomlar için genel görelilik kuramının sıradan hale gelmiş olması, Einstein'ın görüşünün ne kadar büyük başarı kazandığının ölçüsüdür. Kuramı onanmış olan pek çok örnek bulunuyor. Bunlardan yalnız ikisine değineceğim. Bu kuram ışık ışınlarının bir yıldız ya da gökada yakınından geçerken sanki bir mercek varmış gibi sapacağını öngörüyor. Bu, ışığın (maddenin de) büyükçe kütleli bir cisme doğru düşmesini gerektiren eşdeğerlilik ilkesinden dolayıdır. Bu olay ilk gözlemlendiğinde büyük bir heyecan doğurmuştu, şimdi de astronomlar bunu evrendeki kütle dağılımını ölçmekte kullanmakta.

Kuramın bir diğer öngörüsü kütleçekim alanında dalgaların enerji taşıyarak yayıldığını öngörmesi. Bu dalgalar [örneğin] iki cisim birbirlerinin çevresinde dolanırken uyarılırlar. Bunun sonucu, birbirleri çevresinde yakından dolanan iki yıldız yavaşça enerjilerini kütleçekim dalgalarına aktararak yavaşça birbirleri üstüne düşerek sonunda çarpışacaklar. Bu olay nötron yıldızı çiftlerinin gözlemlerinde görülmüştür. Bu yıldızlar, hızlıca dönüp radyo dalgaları üretirler, bunlar da Dünya'dan saptanır. Yıldızlar birbirlerini dolanırken saptadığımız atmaların frekansları kütleçekim alanından geçerlerken değişir. Böyle her sistem, içinde uzayzamanın metriğini ve yıldızların yörüngelerini gerçekleştirken gözleyebileceğimiz bir laboratuvar sağlar. Böylece kuramın pek çok etkisi -kütleçekim dalgalarının üretilmesiyle enerji yitimi dahil- gözlenebilmekte. Atmaların zamanla değişmesi, Einstein'ın kuramının öngörülerıyla örneği görülmemiş bir uygunlukla, virgülden sonra on basamak mertebesinde çakışmakta.

Bilim tarihinde belli bir kuramın doğrulanmasının ötesine gidip genel felsefe ilkelerinin doğrulanmasına giden pek az deney vardır. Tycho Brahe'nın gezegen yörüngelerini gözlemleri bunlar arasındadır. Kepler, bu sonuçlarda Güneş'in bir rolü ve merkeziliği olduğuna ilişkin, Aristoteles'in bilimle açıklanamayacak makul bir yorum olmadığını bulmuştu.

Benzer olarak atarca çiftlerinde yapılan gözlemler genel görelilik kuramının onanmasından fazlasını yapıyorlar ki bunu da çok çok iyi yapıyorlar. Bunlar, uzayzamanın mutlak, durağan kavranışının, Leibniz'in ilişkisel ve dinamik kavranışının tersinmezliği

kavrayışıyla yer değiştirilmesine işaret ediyorlar. Betimlemiş olduğum ilişkisel evren bizim evrenimiz. Geri dönüş olamaz.

Bir nesnenin edinmiş olduğunu düşleyebileceğimiz en temel özellikler onun uzaydaki konumu ve zaman içindeki varlığıdır. Bunlar, Einstein'ın genel görelilik kuramının büyük başarısından sonra ancak bu cismin evrenin geri kalanıyla olan ilişkileri bağlamında bir anlamlı görülebilmelidir. Bundan sonra evrendeki herhangi bir şeyin özelliklerinin diğer hiçbir şeyin varlık ya da yokluğundan bağımsız olabileceği sürdürülemez. Artık içinde tek bir şey olan bir evrenden söz edilmesi bir anlam taşımaz.

Bütün bu elli yıllık bilinçli kuluçka dönemi beni 'ışık kuantumları nedir?' sorusunun yanıtına hiç daha çok yaklaştırmadı. Bugünlerde önüne gelen bunu bildiğini sanıyor ama yanılıyorlar.

—Albert Einstein, Michael Besso'ya mektubundan

ON DOKUZ

KUANTUMUN ANLAMI

Genel görelilik, Newton'ın mutlak uzay ve zamanını bir ilişkiler ağı içine yedirerek evrendeki uyumluluğun, dışından gelme kavrayışının ötesine ilk adımı attı. Ama genel görelilik kendi başına tam bir dönüşümü temsil etmez. Bu nedenle fizikçiler de felsefeciler de bana göre kuramın getireceklerini henüz tamamen algılayamadılar. Daha iyisini bilsek bile fizikçiler arasında uzayzamanı dışarıdan görünen yeni bir tür nesne olarak düşünmek hâlâ çok yaygın. Kara tahta ve defterlere sanki böyleymiş gibi çiziktirip duruyoruz.

Genel görelilik evrenin arkasındaki gerçekliğe kökten meydan okuyor, ama uzay ve zamanın "eğri" olduğunu söylediği için değil, Newton'ın uzay ve zaman kavrayışında mutlak olan yapıların dinamik oldukları ve uzayla zamana ilişkin tüm özelliklerin evrendeki nesneler arasındaki ilişkilerden kurulmak gerektiği için.

Ama evrenin içindeyiz. Öyleyse, evrenin dışından bir bakış gibi bir fanteziyi kendimize yasaklarsak, bütün evreni kavramaya nasıl kalkışıyoruz? Evrenin içinde yaşarken bütün evrene ilişkin tam ve nesnel bilgi edinebilmek hiç mümkün olabilir mi? Bütün kozmosun nesnel bir betimini, bu betimin, kimin görüşünden geldiğinin anlaşıldığını söylemeden yapma olanağı için kafa yorabilir miyiz? Bunlar genel göreliliğin çıkarttığı ve kuantum kuramının da yüzleşmeye zorlayacağı soruların kimileri.

Evrenin doğru bir görünüşünün dışarıdaki tek bir gözlemcinin görüşü olduğu düşüncesi olma kavramı önceki bölümlerde üze-

rinde durduğumuz mutlak kavramına sıkı sıkıya bağlıdır. Mutlak kavramı, evrenin rasyonelliğinin dışındaki bir kaynaktan geldiği fikrini de içerir. Böyle aşkın bir akıllılığın var olabileceğini bir kere kabullendikten sonra, hem evrenin dışında olan hem de içinde ne olup bittiğinden haberdar olurken evrenin rassal gerçekliklerinden bağımsız kalan bir zekâyı kavramak mümkün. Bu da, evreni onun parçası olmayan ama evrendeki her şeyi tamı tamına bilen bir gözlemcinin nasıl görülebileceğini hayal etmemizi sağlar.

Bunun hayali kolay. Sorgulamak istediğim yalnızca, yaptığımız kadarıyla vardığımız, en sonunda kökleri fende olduğu kadar din ve mitolojide de olan bir nesnellik kavrayışına mı?

Şunu vurgulamalıyım ki evrenin tam ve nesnel bir betiminin mümkünüğünü değil, ama sırf bunun tek bir gözlemcinin görüşü olarak okunabileceği fikrini sorguluyorum. Ayrıklığın daha açık olması için bu nesnellik kavrayışına *tek gözlemci nesnelliği* diyorum. Bu ayrıklığı çıkaran sorunun kastettiği ise: Evrenin tek bir gözlemcinin görüşü olarak anlaşılmayacak, doğru ve tam bir betimi mümkün olabilir mi?

Genel görelilik, evrenin sırf bir ilişkiler ağı olarak kavranması gerektiğini söyleyerek bu sorunun kısmi yanıtına doğru bir adım atıyor. Ama genel göreliliğin, evrenin mutlak ve nesnel bir resmini kurmayı özleyen bir kimsenin icadı olduğu da bir gerçek. Einstein'ın çalışmaları ve yazılarında, ona uzay ve zamanın yalnızca ilişkileri betimlemesi gerektiğini öğreten Mach ve Leibniz'in ilkelerine bağlılığıyla, evrenin nesnel bir resmini kurma, böylece de doğanın ardındaki aşkın ve ebedi gerçeklikten bir şey yakalama özlemi arasında sürekli bir gerilim görürüz. Gerçekten de, pek sık olduğu gibi fende de sanatta da en yaratıcı eylemleri yaratıcının dünya görüşündeki bir gerilim ya da zıtlasma güder. Böylelerinin çalışmalarında çoğu kez ironik bir yan bulunur, zira yaptıkları onları güden zıtlığı çözmeyi başaramaz. Ama arkadan gelenlere bunlar yolu açarlar. Einstein bu vakalardan gerçek bir örnek. O, bu nedenle yirminci yüzyılın Kopernik'i olarak düşünülebilir.

Ama Einstein'ın katkısındaki en derin ironi, kuantum fiziğinin, ışınımlar ve atomlar evrenlerini sarmalamak için gerekebileceğini ilk farkedenin kendisi olmasıdır. Işığın hem dalga hem de tanecik nitelikleri olduğunu ilk ortaya koyan o oldu. Einstein,

kuantum kavrayabilmek için harcadığı çabanın, genel görelilik için yaptığından “yüz kat daha” fazla olduğunu kendisi itiraf ediyor. Ama bu çabada başarılı olamadı; en sonunda da daha genç kimseler kuantum olguların tam bir kuramını kurduğunda, karşı geldi çünkü bu, gerçeklik için özlemini duyduğu mutlak görüşü sağlamayı başaramamıştı.

I. Dünya Savaşındaki kırımın, rasyonelliğin, süregiden gelişmeye ve insanlığın her şeyin üstündeki mutluluğuna götürecek gücünü ebediyen yıktığı söylenmişti. Bu felaketin nasıl 19. yüzyılın huzurlu dünyasını sağlam temellerinden söküp yirminci yüzyılı harekete geçirdiğini görmek için filozofların ve sanatçıların, savaştan hemen önce ve de sonra yazdıklarına ve eserlerine bir bakmak kesinlikle yeter. Tabi, [20.] yüzyılın ilk yıllarındaki sanatta gerçekliğin bir resmini oluştururken tek bir bakış noktasına dayanmaya bir şeylerin belirmeye başlamış olduğu da görülebilir. Ama sanatta amaçlananın temsil olması fikrinden bütün bütüne kopması ancak savaştan sonra geldi.

O zaman da Avrupa’yı ebediyen değiştirecek olan savaş sırasında yapılanmış olan genel görelilikte hem klasik hem de devrimci öğeler bulunması sürpriz olmamalı değil mi? Ve de 19. yüzyıl Almanya ve İsviçre’inde öğrenim görmüş olan Einstein’ın, kuantumun gün ışığına çıkartılmasındaki öncüllüğünden dolayı, klasik fiziğin son büyük mimarı olmak kadar yeni fiziğin de yalvacı sayılması da sürpriz olmamalı değil mi? Çünkü genel görelilik, öykümüz için önemli olsa da klasik fizikteki gerçeklik kavrayışındaki asıl belirgin kopuş onunla değil I. Dünya Savaşının karmaşasında yetişen çok değişik bir kuşağın doğurduğu kuantum mekaniğiyle oldu. Gerçekten de bu belki fizikte sırf Avrupalıların başlattığı son büyük gelişmeydi.

Böylece sonunda kuantum mekaniğine vardık. Buna ilişkin kesinkes ilk söylenmesi gerekli olan şey, bunun anlamına ilişkin 1920’lerde başlayan tartışma ve çekişmeler hâlâ ortada. Kuramın, görünürde aynı derecede makul birçok yorumu önerilirken uzmanlar arasındaki çekişmeler eskisi gibi sürmekte.

Kuantum mekaniğinin yorumu üzerine tartışmalar kuramın yararlı oluşunu engellemediği gibi kullanmanın keyfini de kaçırıyor. Her ne kadar birçok kişi kuantum kuramını sezgi dışı olarak

nitelese de bir kere aşıldığında kuantum mekaniği doğadan söz etmek için çok basit ve sezgisel bir çerçeve sağlıyor. Sanırım bize, olan bitenin “nesnel bir resmini” vermese de mantıksal yapısıyla fizikle uğraşırken asıl yaptıklarımıza daha bir karşılık gelmekte.

Doğa bilimi deneyi yapan bir insan doğayla etkileşmeyi öyle özenle hazırlar ki, deneyimlerimize bakarak bunların güvenilir sonuçlar vereceğinden emin oluruz. Her deneyde önce bir sistem hazırlanır, sonra da bir şekilde işlenerek bunun bir özeliği ölçülür. Kuantum kuramının temel matematiksel öğeleri kesinlikle deneylerin bu üç basamağına karşılık gelir. Newtoncu fizik, isimlerin baskın olduğu bir betimleme diliyse, kuantum mekaniğinki öncelikle bir fiiller dilidir. Kuantum konuşurken odaklandığımız, ne olduğu değil, ne yaptığımız ve ne gözlediğimizdir.

Kuantum mekaniğinin, evrenin, nesnel bir betimini (klasik fizikten alıştığımız tarzda) vermediği doğruysa da bu, kuramın aslında kuramın büyük bir meziyetidir. Bizi, her şeye evrenin dışından bakan mutlak bir gözlemci kurgusundan özgürleştirir. Newton’ın bize verdiği evren “resmini” özlemiş olabiliriz ama şimdiye dek anlamış olmalıydık ki, bütün evreni bir klasik yörüngeler topluluğuyla temsil etmek, asıl gerçek olanı yalnızca çok yaklaşık olarak yansıtan bir kurgusal ideale karşılık gelmekte.

Aynı zamanda Newtoncu fiziğin devrilmesi kesinlikle tersinmezse de kuantum mekaniğinin şimdiki gösterimiyle tutmak çekici gelse de bunu çok ciddiye almaktan kaçınmalıyız. Kuram özbeöz bir muamma, ama işe yaradığı halde açıkça tam anlamıyla akla uymuyor. Yirminci yüzyıl fiziğinin bitememiş işinin bir kısmı kuantum fiziğinin daha iyi bir anlaşılmasını bulmak olmalıdır. Bu nedenle kuantumdan söz ederken kuantum olgularıyla kuantum kuramı arasındaki sözlerimizi ayrı tutmaya çok dikkat etmeliyiz. Kuantum olguları gerçek ve özbeöz de muammalı. Ama kuantum kuramının idealleştirilmeleri ve de önermelerinin hepsi aslında doğaya tam karşılık gelmeyebilir. O zaman da kuantum kuramının doğaya gerçekten uyan parçalarıyla yalnızca doğayı eksik kavrama girişimlerini temsil edenleri ayırmak istemeliyiz.

Böyle bir ayırma bir bakış noktası gerektirir, ben de burada bir öneri yapmak istiyorum: kuantum kuramını kütleçekim ve kozmolojiyi de kapsayacak şekilde genişletme problemine odaklaşmak.

Kuramın, bütün evrenin bir kuramını kurmayı amaçlar görünen kısımlarını tutmaya çalışıp, bunun kozmolojiye erişimini genişletmeye çalıştığımızda sıkıntı çıkaran kısımlarını da evirmek isteyeceğiz. Bunu yaparken zorluklarını da, yeni bir fizik icat etmek için bir fırsat olarak okumaya çalışmalıyız; yeni bir felsefenin icadı için dürtü olarak değil. Böylece bir felsefe değil bir fizik problemi olarak konulduğunda da ilerleme umudumuz olabilir.

Eğer odaklanmamız, [genel] görelilikle kuantum kuramını birleştirmede tutulduğunda, bunların her birinin geçiş kuramları oldukları gerçeğiyle sürekli etkileniyor olacağız. Her biri evrenin Newtoncu kavranışına meydan okumakta ama yalnızca kısmen. Her biri klasik resmin belli ama farklı bir kısmını olduğu gibi tutuyor. Ancak, her iki kuramın da altında, açıkça doğanın mutlak, Newtoncu bir resminden ilişkisel, Leibnizci kavrayışa bir hareket yatıyor. Burada öne sürmeye çalışacağım gibi, bunların önünde sonunda bağdaşip birleşeceğini umabileceğimiz zemin budur.

Kuantum mekaniğinin bize doğaya ilişkin vereceklerinin esas özü, evrenin ancak dolanık bir bütün olarak betimlenmişse tamına betimlenebileceğinde ısrar etmesidir. Böyle olunca da, benim kökten atomculuk dediğim ve buna göre herhangi bir parçacığın özelliklerinin evrendeki her şeyden bağımsız olduğu düşünlülen görüşle kesin bir anlaşmazlığa düşer.

Bunu açıklamak için evrene ilişkin bilginin kuantum kuramı çerçevesinde nasıl düzenlendiğini kısaca çiziktirmeliyim. Söylenmek gereken ilk ve en önemli şey kuantum kuramında sistemin kendisinin betimiyle değil ona ilişkin bildiklerimizle ilgilendiğimiz. Böylece en başta kuantum fizikçileri olarak evrenin iki parçaya ayrıldığı bir durumu tasarlıyoruz. Bölüntünün bir kanadında üzerine çalışılan sistem var. Diğer yanında ise gözlemciler olarak bizler, incelemede kullanacağımız alet edevat ve de evrenin geri kalanı var. Bu, evrenin Newtoncu fizikteki betiminden çok farklı; bunda matematiğin, gerçekliğin bir resmini verdiğini düşlemeye çağırıyoruz içindeki gözlemciye göz atmak gerekmez.

Bizim, gözlemciler olarak bir kuantum sisteme ilişkin edindiğimiz bilgi, *sistemin kuantum durumu* denilen bir yapıya kodlanır. Bu, doğada olan bir şeyin adı değil de evrenin bir kanadının, diğerine ilişkin bilginin peşini kovalayabilmesi için icat edilen

matematiksel bir varlık olduğu için ister istemez soyut bir kavram. Öyleyse, kuantum durumu betimlediği sistemin bir özeliği olmayıp, sistemi, onu gözleyen dahil evrenin geri kalanından ayrıran sınır ya da ara yüzün bir özeliğidir.

Burada bir nefes alıp, okuru, artık kuantum kuramının tartışmalı kısmına adım atmış olduğumuz hususunda uyarmalıyım. Burada vurguladığım görüş açısı tüm meslektaşlarımca paylaşılmamakta. Birçok fizikçi ve felsefeci, kuantum durumunda, gözlemcinin sisteme ilişkin edindiği bilginin gösteriminden daha fazlası olduğuna inanmakta. Ama Einstein dahil birçoğu da, kuantum durumunun bir ölçme yaptığımızda değişmesinin bildiğimizin kodlanmasından başka bir şey olmadığına inanmaktalar. Ben de bu görüşü benimseyeceğim çünkü bildiğim ve kozmoloji bağlamında aklımın kesinlikle yattığı yalnız bu.

Hangi sistemle ilgilendiğimizden bağımsız olarak, buna ilişkin bildiklerimizi içeren kuantum durumu en kesin ve sağlıklı olarak soyut bir matematiksel uzayda bir noktayla temsil edilir. İcat edilmiş bir yapı olan bu uzaya sistemin durum uzayı denir. Bu uzay öyle yapılmıştır ki üzerinde yapılmış olabilecek bir deneyin mümkün her sonucu için bir boyutu bulunur. Bu uzay sonsuz boyutta da olabilir, çünkü parçacığın konumu gibi ölçmek isteyeceğimiz pek çok şeyin sonsuz sayıda mümkün yanıtı olabilir.

Ayrıntılara daha çok girmeyeceğim, ama değerinin farkedilmesi gereken önemli şey, kuantum durumlarının yaşıadığı bu durum uzayı içinde yaşıadığımız görünen üç boyutlu uzaydan çok farklı.

Kuantum uzayı, zaman zaman sıradan üç boyutlu uzayda bulunan bir dalga olarak düşünülür. Kimi amaçlar için yararlı olsa da bu çok yanıltıcı bir gösterim, çünkü bu yalnızca bir tek parçacık içeren bir sistem için elverişlidir. Sırf bu durumda kuantum durumu bir parçacığın farklı konumlarda bulunma olasılığını temsil eden bir dalga olarak görülebilir. Ancak, iki parçacık varsa o zaman kuantum durumu üç boyutlu uzayda devinen iki dalga olarak betimlenemezken, yalnız, daha yüksek boyutlu bir uzayda bir nesne olarak görülebilir.

Peki, bu niçin gerekiyor? Kuantum kuramı niçin olguların bildik uzayda şekillendikleri gibi basit ve sezgin bir betimine izin vermiyor? Sebebi şöyle: tek bir gözlemcinin doğadaki herhangi

bir sistemin tam anlamıyla bir betimini verebilmesi için gerekli tüm bilgileri edinmesi, kendiliğinden olanaksızdır. Evrenin hangi parçasını incelersek inceleyelim, bunu bütünüyle betimlemek için gereken bilginin en çok yarısını bilebiliriz. Bu sınırlamaya Heisenberg Belirsizlik İlkesi denilir ve de asıl kuantum evrenini, bizim Newtoncu düşleyişlerimizden farklı yapan budur.

Vurgulamalıyım ki Heisenberg'in Belirsizlik İlkesinin niye doğru olduğunu bilmiyorum. Bilebildiğim kadarıyla hiç kimse de bilmiyor. Bu, bizim evrendeki varlığımızın indirgenemezliğiyle ve de herhangi bir nesnel betimleme oluşturma girişiminin, resmin dışında bırakılma zorunluluğumuz yüzünden tam olamayacağıyla ilişkili olabilir. Kesin izlenimim şu ki Bohr ve diğerleri de sıkıntının dibinde bunun olduğuna inanıyorlardı. Onların haklı olduğunu da hayal edebiliyorum. Ama bu fikirle başlayıp, belirsizlik ilkesine varan gerçek bir sav da hiç görmedim.

Asıl bildiğimiz ise belirsizlik ilkesini bir önerme olarak alırsak bilinen tüm atom-altı olguları oldukça iyi betimleyen bir kuram ediniriz. Öyleyse, günün birinde daha iyisini yapmaya can atsak da şimdilik yalnızca ilkeyi kabullenip devam ederiz.

Kuantum evrenine ilişkin istediğimiz tüm bilgiyi edinemez olmamızın sonucu olarak incelediğimiz sistemin tam bir resmini çizmek için klasik fiziği taklidin yararsız olduğu görülüyor. Bunun yerine duruma yüzünden bakıp yalnızca elimizdeki bilgiden söz etmek daha verimli olacak. Soyut kuantum durumları dilini kullanma sebebimiz işte bu.

Kuantum mekaniği soyut ya da sapa görünebilir, çünkü genellikle çok küçük olan şeyleri betimlemekte kullanılır. Ama aslında ölçünün bununla bir ilgisi yok. Eğer kuantum kuramı doğruysa basit olan herhangi bir şey hayal gücümüze meydan okuyacak şekilde davranacaktır.

Kuantistan'da yaşayan bir dostumuz olduğunu düşleyelim. Burada büyük şeyler basit olabiliyor. Evreninin güzelliğiyle bizi çekmek için bu hanım bize bir hediye gönderiyor. Bunu almak için havaalanına gittiğimizde bize kapalı bir tahta kutu veriyorlar. Kutunun iki ucunda birer kapak, üstünde de bir yazı var, "KUAN-TUM EVCİL HAYVAN TAŞIYICI KAPAKLARI BİRER BİRER AÇIN." Kuantistan'da böyle bir uyarı yapılması gerekmiyor ama bu uyarının bizi müteşekkir edeceğinin sebebini göreceğiz.

Kutuyu eve getirip içindekini görmek için telaşla açınca bir kedi başı çıkıyor, dışarıya göz atmak için. Görünüşe göre Kuantistan'daki evcil hayvanların bir özeliği kutudan hiç çıkmamaları. Bunlarla etkileşmenin tek yolu kapaklardan birisini açmak. Peki, bununla yaşayabiliriz ama en azından kedinin cinsiyetini merak edebiliriz. Eh bunun için diğer uçtaki kapağı kullanabiliriz. Açmayı deniyoruz ama sıkıca kapalı buluyoruz. Üstte ne yazdığını hatırlayıp ilk kapağı kapatınca diğer kapak hemen açılıyor. İçeri bakarak evcil hayvanımızın erkek olduğunu öğreniyoruz.

Bu bitince ilk kapağı açıp kedimizi sevmek istiyoruz. Bunun için de önce arka kapağı kapamalıyız. Sonra ön kapağı açınca bize keyifle bakan bir enik buluyoruz!

Biraz uğraşıp inceleyince ilginç bir durumun karşısında olduğumuzu keşfediyoruz. Birinci kapağı açarsak kuantum evcil hayvanımızın kedi ya da köpek olduğunu, arka kapağı açınca da bunun dişi ya da erkek olduğunu keşfediyoruz. Ancak, kutunun kendine özgü karakteri yüzünden şaşırdığımızdan ön kapağı açtığımızda gördüğümüz kedi ya da köpeğin dişi mi erkek mi olduğundan, arka kapağı açınca da -cinsiyet kesinleşiyor ama- kedi mi köpek mi olduğundan emin olamıyoruz.

Kapakların ikisini birden açamadığımızdan evcil hayvanımızın cinsini ve de cinsiyetini birlikte öğrenemiyoruz. Birinden emin olunca diğerinin bilgisi yok oluyor. Eğer hep yaptığımız ön tarafa bakmaksa, bir kere kedi gördüğümüzde hep kedi görürüz. İstedığımız zaman bu kapağı kapayıp evcil hayvanımızın cinsiyetini öğrenmek için diğer tarafa bakabiliriz. Köpek de olsa kedi de, yüzde elli olasılıkla erkek, yüzde elli olasılıkla da dişi olduğunu keşfedeceğiz. Ama bir kez bakarsak, öne döndüğümüzde ilk gördüğümüz kediye görmemiz gerekmiyor. Çünkü bir kere cinsiyeti saptadığımızda türü gene karıştırılacak, evcil hayvanımız gene zamanın yarısında kedi, yarısında köpek olacak.

Karşılaştığımız kesinlikle Heisenberg'in Belirsizlik İlkesi. Bu kuantum evcil hayvanının tam bir betimi hem türünü hem de cinsiyetini vermeliydi. Klasik bilime göre hayvanı kutudan çıkarıp ne olduğunu görebiliriz. Ama bir kuantum evcil hayvanı kutudan hiç çıkarılamadığı gibi, belki de gizemli nedenlerle, bir kerede yalnız bir tek niteliği gözleyebiliyoruz.

Okur belki benim şakacı olduğumu ya da dalga geçtiğimi düşünecek. Ama hayır, yaptığım, fiziksel bir sistemi gözlerken içinde bulunacağımıza inandığım genel durumu betimliyorum. Heisenberg Belirsizlik İlkesi, herhangi bir sisteme ilişkin edinebileceğimiz bilgiyi, tam bir betim için gereken bilginin yarısıyla sınırlıyor. Hangi bilgiyi istediğimizi seçmek için her zaman bir şansımız var. Ama ne yaparsak yapalım bu sınırı aşamayız.

Şüphesiz kendi sıradan evcil hayvanlarımızın hem türünü hem de cinsiyetini biliyoruz. Ama bu Heisenberg Belirsizlik İlkesinin onlara uygulanamayacağı demek değil. Sadece sıradan evcil hayvanlar kuantum evcil hayvanlarından çok daha karmaşık hayvanlar olup, bu bilgiyi yalnız edinmek isteyebileceğimiz –bıyıklarının uçlarındaki atomların yerlerine vb kadar– başka bilgiler pahasına biliyoruz. Buna karşılık kuantum evcil hayvanlar çok daha basit olup onlar hakkında bilinecek yalnız bu iki şey bulunuyor.

Belirsizlik ilkesi bizi kuantum evreninin gerçekliğine göz atmamızı, kuantum evcil hayvanlarımızın ne olduklarını –onlarla ilişkimizden bağımsız olarak– öğrenmemizi engeller görünüyor. Kuantum mekaniğinin asıl tuhaflığı ise, bunu bir tek nesneden çoğunu içeren sistemlere uyguladığımızda kendisi gösterir.

Ertesi hafta bir kuantum evcil hayvanı daha geliyor. Bu kez birlikte gelen mektupta kutuyu açmadan önce bir telefon gelmesini beklememiz yazıyor. Yeni evcil hayvanlarımızı nasıl besleyeceğimizi ve onlara ne ad takacağımızı düşünürken telefon çalıyor. Kardeşim arıyor, ama biraz keyifsiz. Anlaşılan o dost ona da bir kuantum evcil hayvanı göndermiş, bir de her ikimizin nasıl evcil hayvanlarımızın keyfini birlikte süreceğimizi açıklayan bir mektup.

Mektup bize iki evcil hayvanın, iyice şaşırtıcı özellikleri olan belli bir kuantum durumunda yaratıldıklarını söylemekte. İki evcil de ayrı ayrı ele alındıklarında hem tür hem de cinsiyet bakımından tam anlamıyla gelişigüzel. İkimizden biri hangi kapağı açsa her iki olanağı da yüzde elli olasılıkla görecektir. Ama Kuantistan'daki dostumuz kuantum evcil hayvanlarını öyle bağlaştırmış ki benim gördüğüm, belli bir şekilde kardeşimin gördüğüyle ilintili olmak zorunda.

Bu ilintiler, benim, kardeşimle birlikte aynı kapağı açtığımızda ne olacağını ilgilendiriyor. Diyelim ki ikimiz de evcil hayvanımızın

türünü öğrenmek istiyoruz. Her birimiz iki olanakla da aynı olasılıkla karşılaşabiliriz. Ama Kuantistan'daki dostum, benim alacağım yanıtı kardeşimin de almasını garantilemiş. O, kedi bulursa ben de yüzde yüz olasılıkla kedi bulacağım. Başta her ikimizin de kedi ya da köpek görmek için olasılıklarımız eşit olsa da durum bu.

İkimiz de evcil hayvanın türü yerine cinsiyetini yoklamakta özgürüz. Böyle yaparsak ikimizin de erkek ya da dişi görmek için eşit şansımız var. Ama bu gene öykünün hepsi değil, çünkü her ikimizin de göreceği ilintili. İkimiz de cinsiyetini yoklarsak ben ne bulursam kardeşim de aynı bulacak.

Bu nasıl olabilir? Bir kuantum sistemi hakkında bilebileceklerimize ilişkin doğru olanlar, sistemin nasıl hazırlandığına ilişkin olabilecekler için de doğrudur. Kuantistandaki dostlarımız iki paketi hazırlarken içindekileri tamı tamına betimlemek için gerekli bilginin tam yarısını saptamakta serbesttiller.

Daha önce, sisteme ilişkin bilginin hangi yarısını öğreneceğimi seçmekte biraz serbestliğim olduğumu söylemiştim. Bu, bir sistemi hazırlamak için de geçerli: dostumuz, bilginin yarıdan çoğu belirlenmediği kadar iki evcil hayvanı farklı şekillerde hazırlamakta serbest. Şimdi de asıl ilginç kısma geldik. Sınırlama, her bir evcil hayvan için tek tek olduğu kadar birleştirilmiş bütün bir sistem için de geçerli. Bu bize oldukça incelikli bir iş yapma olanağı veriyor. Sistemi öyle betimliyoruz ki bütününe ilişkin bilginin yarısını verirken tek tek evcil hayvanlara ilişkin hiçbir bilgi vermiyoruz. Bu, yalnızca evcil hayvanların özelliklerinin nasıl ilişkilendiğini betimlerken her birinin özelliklerinin ne olduğunu söylemezsek mümkün. Örneğin her iki türün de aynı olduğunu belirtiriz. Bu bize her iki türü de belirlemek için gereken bilginin yarısını verir ama ayrı ayrı ne olduklarına ilişkin tamamen cahil kalırız. Aynı şey cinsiyetleri için de geçerli. İşte dostumuzun hedi-yeleri hazırlarken yararlandığı avantaj tam bu.

Bir ilinti bulunduğunu bilmenin, iki hayvanın cinsiyetlerine ilişkin edinebileceğimiz bilginin tam yarısının bilinmesi olduğu kolayca görülür. Dört şey mümkün: erkek-erkek, erkek-dişi, dişi-erkek, dişi-dişi. Bunların ilintili, dolayısıyla ve her ikisinin de aynı cinsiyette olduğunu bilmek bu dört olabilirliği ikiye indiriyor.

Aynı şey türler için de doğru. Dolayısıyla kuantum dostlarımız, iki evcil hayvanı hazırlarken bunların ortak özelliklerini aynı,

ama bireysel özelliklerini tamamen belirlenmemiş tutuyorlar.

Bunun iyice alı şılmamış ya da zorlama bir durum oldu ğu düşü-
nülebilir. Ama aslında betimlemekte oldu ğum şey genel hal. Kuantum
dünyasında –ki bu belirleyebildi ğimiz kadar kendi dünyamızdır– iki
sistem etkileşti ğinde bunların, özelliklerini böylesine paylaşması,
her birinin belli bireysel özeli ği bulunmasından daha yaygın.

Bu da kesikli nesnelerin belirli özellikleri bulundu ğuna ilişkin
geleneksel düşünceyle çatışmaya girer. Çünkü bizim evcil hayvan-
lar bir kez bu durumda yaratıldılar mı, özellikleri ölçülmeden önce
birbirlerinden istenildi ği kadar uzaklaştırılabilirler. Hangi kapak-
ları açaca ğımızı seçene dek kardeşimle birlikte öyle bir sistemimiz
var ki parçaları birbirlerinden ne kadar uzak olursa olsun bütünlü-
ğü hiçbir şekilde tartışılmıyor. Kuantum kuramı genel olarak, iki
sistemin bir kez etkileştiklerinde uzaklıkları ne olabilirse olsun be-
timlemelerinin böylesine ba ğlı oldu ğunu söylüyor. Buna kuantum
betimlemenin *bütünlüğü* ya da *dolanıklı ğı* deniliyor.

Kuantum evreninin bu yanı öyle tuhaf ki başlangıçta gözden
kaçtı. Kuramın şekillenmeye başlamasını izleyen ilk yıllarda in-
sanlar belirsizlik ilkesi ve dalga-parçacık ikili ği üzerinde tartışıp
durdular. Bunlar yeterince tuhaftılar. Dahası, ilk kuantum kuramı
uygulamalarının ço ğu tek parçacık içeren sistemlere yapıldı ğın-
dan, iyice ayrı k iki nesnenin özelliklerinin bu şekilde paylaşılabil-
me olana ğını ortaya koymıyordu.

Kuantum kuramı üzerine tartışmaların merkezinde Einstein ile
Bohr arasındaki büyük çekişme vardı. İlk buluşmalarından, Eins-
tein ölünceye kadar, birbirleriyle hemen her karşılaştıklarında ku-
antum kuramı üzerinde tartışıp durdular. Onların tartışmaları bu
kitaptaki konuların önem merkezinde yer alıyor. Çünkü üzerinde
durdukları, kesinlikle benim tek bakış açısı dedi ğim şeyin nesnel
olarak sürdürebilme derecesi. Einstein fizi ğin amacının evrenin be-
timlemesini sanki biz yokmuşuz gibi yapılabilece ğine inanıyordu.
Onun için fizik günlük dilin insanların doğa üzerindeki gözlemleri-
ni birbirlerine anlatmak için kullandıkları bir uzantısıydı.

Kuantum sistemlerinin genelde bizim evcil hayvanlar gibi ara-
larındaki uzaklık ne denli çok olursa olsun dolanık olması ilk kez
bu tartışmalar sırasında ortaya çıktı. Bu, Einstein, kuantum me-
kani ğinin doğa için tam bir betim veremeyece ğini göstermek için

kullanabileceği bir sav ortaya koymak için uğraşırken kendini gösterdi. Bu sav ilk kez 1935'te, iki genç meslektaşı Boris Podolski ve Nathan Rosen ile birlikte yazdıkları bir makalede sunuldu. O gündən beri buna Einstein-Podolski-Rosen [EPR] deneyi denilmekte.

Öyküyü bıraktığımızda yere oturmuş, yeni kuantum evcil hayvan taşıyıcısıyla ne yapacağımı düşünürken telefonda kardeşimle konuşuyordum. İlk sorunum, evcil hayvanımın türünü mü cinsiyetini mi öğrenmek istediğim. Dostumun iki paketi hazırlama biçimine göre her ikisini de bilmemin bir yolu yok, ama hangisini seçsem ve hangi yanıtı alsam, kardeşimin evcil hayvanına ilişkin anında bir şey öğreneceğim.

Diyeim ki köpek mi kedi mi olduğunu görmek istiyorum. Kutunun ön kapağını açıp kedim olduğunu görüyorum. Anında biliyorum ki kardeşim kutusunun ön kapağını açtığında o da kedi bulacak. Telefonda ona söyledikimde, kutusunu açarak doğruluğumu onaylıyor.

Bu çok ilginç, çünkü kardeşimin evcil hayvanına ilişkin, onunla hiçbir şekilde etkileşmeden ya da onu kurcalamadan kesin bir şey öğreniyorum.

Benim ölçmemin onun evcil hayvanını bir türlü etkilemiş olması söz konusu olamaz çünkü ona dokunmadım. Ama kardeşime diyebilirim ki baktığında kesinlikle kedisi olduğunu bulacak. Bu nedenle Einstein ve arkadaşlarının, bu evcil hayvanın baştan beri kedi olması gerektiği sonucuna varmaları çok makul. Kardeşimin evcil hayvanının kedi olduğunu hiç bakmadan bulabiliyorsa, bu kedi oluş gerçek olmalı, gözlemekle yaratılmış bir durum değil.

Ama bunlar öykünün sonu olamaz, çünkü diğer tercihte de bulunabilirdim. Eğer tür yerine cinsiyete baksaydım belli bir yanıt alacaktım, erkek diyeim. O zaman da dostumuzun hediyeleri hazırlama biçiminden, kardeşim türe değil evcil hayvanının cinsiyetine baksaydı aynı şeyi bulacaktı. Bunu ona telefonda söyleyince bakıp bana haklı olduğumu söyleyebilirdi.

O zaman da kardeşimin evcil hayvanının kedi oluşuna ilişkin üzerinde durduğlarımız bütünüyle şimdi cinsiyetine uygulanabilir. Kendi evcil hayvanımın cinsiyetine bakarak onun evcil hayvanınınkini de kesinlikle öğrenebilirim. Ama onun evcil hayvanına bakamam, çünkü çok uzakta. Öyleyse erkek oluşu gerçek bir şey; kardeşim bakmadan önce de erkek olmalıydı.

Ama şimdi görüyoruz ki bir hata var. Çünkü aynı sav hem tür hem de cinsiyet için geçerli oluyor. Her iki halde de, evcil hayvanımın hangisi olduğuna baksam kardeşiminkinin de hangisi olduğunu kesinlikle öğrenebiliyorum. Bu demektir ki kardeşimin evcil hayvanının hem türü hem de cinsiyeti daha ben bakmadan bir şekilde belli olmalı. O zaman da bakmadan önce kardeşimin evcil hayvanının hem türü hem de cinsiyeti biz bakmadan önce belirlenmiş olduğu sonucuna varmalıyız.

Ama bu, kuantum mekaniğinin gerçekliğin tam bir betimini vermediği anlamına gelir. Çünkü kuantum kuramı, bizim yalnız ya cinsiyetleri ya da türünü –ama ikisini birden değil– kesin olarak bilebileceğimizi ileri sürer. Bu da, evrene ilişkin doğru olan ama kuantum mekaniğinin temsil edemediği şeyler bulunduğu anlamına gelir.

Bu sav, icat edildiği 1935'ten beri kuantum mekaniğinin, doğanın ötesi olmayan kuramı olamayacağına birçok kimseyi ikna etti. Ancak, Bohr'u ikna edemedi. Bunun sebebi son derece ilginç. Bohr bu sava inanmıyordu. Çünkü Einstein'ın varsayımına, yani çok uzakta da olsam kardeşimin evcil hayvanını etkilemediğimi kabullenemiyordu. Kardeşimin evcil hayvanıyla fiziksel bir etkileşmem olamayacağını teslim etmekle birlikte *onun cinsiyet ya da türüne ilişkin bilgiyi anlamlı ya da yararlı yapan koşullar üzerinde* bir etkisi olduğunda ısrarlıydı.

Bu söylemesi tuhaf bir şey olup, öykünün burada kullandığım analogiyi vurgulayan bir parçası. Üzerinde durduğumuz asıl şey konum ve hızı, tür ve cinsiyet değil. Ama bırakın sürdürüyem, okur azıcık kaprise izin verirse amaç hasıl olacak.

Diyelim ki kuantum kedilerinin hem cinsiyeti hem de türü aslında birbirleriyle ilişkilerinin bazı yanlarını yansıtabiliyor. Öyle ki herhangi bir evcil hayvanın özellikleri, ayrıken pek anlam taşımıyor. Evrende tek bir evcil hayvan olsaydı bunun kedi mi yoksa köpek mi ya da erkek mi dişi mi olduğunu bilmek ne ilginç ne de yararlı olacaktı. Şüphesiz bu gerçek köpek ve kediler için geçerli değil, ama bunlar karmaşık yaratıklar olup muazzam sayılarda parçalardan yapılmıştır. Üzerinde durduklarımız ise öyle basit şeylerle ilgili ki parçalardan yapılmış oldukları söylenemez. Hem genel göreliliğe hem de Leibniz'in yeterli neden ilkesine göre parçalardan yapılmamış olan temel nesnelerin özellikleri yalnız başka şeylerle

olan ilişkileri bağlamında tanımlanabilir. Bağlamı bir özeliği açıklamaya yetmediği müddetçe bu başka türlü tanımlanamaz.

Bohr'un yaptığı ise, bu ilkeyi kuantum kuramını yeni bir şekilde savunmak için kullanmak. Dayanağı da, kardeşimin kuantum evcil hayvanının cinsiyetinin yalnızca benimkinin cinsiyetini bildiğimizde anlamlı ya da yararlı bir şekilde tanımlanması. Eğer evcil hayvanımın türünü belirlemeyi seçersem cinsiyeti hakkında mümkün her bilgiyi yitiririm. Ama Bohr'un, özelliklerin ilişkiselliği kuramına göre bu, kardeşimin evcil hayvanının cinsiyetine bir anlam verme olanağını yok etmiş olmam demektir. Öyleyse kardeşimin evcil hayvanıyla fiziksel olarak etkileşmemiş olmama karşın *gene de, yapmış olduğum şeyin etkisi cinsiyeti anlamsızlaştırma olacak*. Bohr, işte bundan dolayı Einstein'ın, kardeşimin evcil hayvanının hem türünde hem de cinsiyetinde gerçek bir şeyler olduğu savını kabul edemiyordu. Bir seferinde yalnız biri gerçek olabilir çünkü gerçek olabilmek için o özeliğin evrenin geri kalanıyla etkileşmeleriyle anlamlı bir şekilde tanımlanabileceği bir bağlam bulunmalı.

Bohr ve Einstein'ın birbirlerinin savlarına boyun eğmemeleri sürpriz değil. Einstein'ın doğaya bakışı klasikti, kökten atomculuğun ve tek gözlemci nesnelliğinin doğruluğunu kabul ediyordu. Bohr ise bu ilkelerin yadsınmasıyla başlayan varsayımlarla savlıyor; özelliklerin ancak ilişkişel olarak tanımlanabileceği ilkesine ve fiziğin evrenle olan ilişkilerimizin, bir yanı olduğuna inanıyordu.

İki evcil hayvan örneğinde bizi en çok rahatsız eden şey, birbirlerinden çok uzak olsalar da görünüşe göre özelliklerinin paylaşılır olması. Her birinin özelliklerini tam ve diğeri hakkında ne bildiğimizden bağımsız betimlemek mümkün olsaydı daha rahat olabilirdik. Bu durumun geçerli olacağı bir kurama *yerel kuram* diyelim. Çünkü bu, bir şeyi yalnız yakınındaki nesneler hakkında söz ederek betimleyebileceğimizi düşündürüyor.

Kuantum kuramı bir yerel kuram değil. Betimlemiş olduğum gibi bu köklü olarak *yerel değil*. Kuantum kuramından huzursuzluk duyanlarımız için çok ilginç bir soru, bunun yerel olan bir kuramla değiştirilip değiştirilemeyeceği.

Bunun yanıtı hayır. Bunu İrlandalı fizikçi John Bell'in 1960'ların başlarındaki hatırı sayılır bir makalesi sayesinde biliyoruz. Bell'in yaptığı, yerellik ilkesini doğrudan doğruya sınayacak bir yol bul-

masıydı. Bu ise, evcil hayvanların her birinin üçer özeliği olan belli durumlarda her yerel kuramın öngörülleri belli bağ koşullarına uymak zorunda. Bunlara Bell eşitsizlikleri diyoruz. Kuantum kuramı yerel olmadığından bu koşulları çiğnemek zorundadır.

Anlaşıyor ki Bell eşitsizliklerini deneysel olarak sınamak kolay değil. Kesin bir sonuca ancak 1970'lerin sonlarında Fransız fizikçi Alain Aspect'in önderliğindeki bir grup varabildi. Bekleneceği gibi kuantum evcil hayvanlarını değil ışık fotonlarını kullandılar. İnceledikleri vakalarda iki foton gözlenmeleri tıpkı bizim evcil hayvanlarınkı gibi ilintili olacak şekilde hazırlandı. Sonra da, fotonların ayrılarak gözlemde önce çok uzaklara –on üç metre kadar– uçmalarını sağladılar. Bu uzaklık pek çok gibi görünmese de atom boyutlarından 10^{11} kez büyüktür. Gerçekten de deney, kuantum kuramının öngörülleri daha öncekilerden pek çok büyüklük mertebesi ötede bir ölçekte sınanmasını temsil etmekte.

Aspect ve meslektaşlarının yaptıkları deneyin sonuçları, yerelliğin doğanın saygı göstermediği bir ilke olduğunu ortaya koydu. Bu, kuantum durumunun dolanık doğasının, evrenin özündeki bir şeyi yansıttığı anlamına geliyor. Bu aynı zamanda kökten atomculuk ilkesinin –yani bir parçacığın özelliklerinin diğer parçacıklarındakilerden bağımsız olmasının– yanlış olduğunun deneyle gösterilmesi demektir. Bu da bunu, bir deneyin bir felsefe ilkesinin sınanması olarak yorumlanabileceği pek ender vakalardan birisi yapar.

Hemen işaret etmeliyim ki bu yerel olmayış, etkilemenin birbirlerine yakın parçacıklar arasında sırf yerel olarak aktarılabilirdiği diğer şekillerle sıkıntısız uyum halinde bulunabilir. Enerji ya da bilginin ışıktan hızlı aktarılmasının olanaksızlığı hâlâ doğru ve de tüm bunlarla tam anlamıyla tutarlıdır. Bundan dolayı kuantum dolanıklığını herhangi bir bilgi aktarımında kullanmak olanaksızdır.

Gene de durum çok şaşırtıcı. İki foton, iki evcil hayvan ya da herhangi iki nesne bir kez etkileştiklerinde bunlardan birisinin özelliklerinin betimini diğerinkinden ayırabilmeyiz. Herhangi bir elektron verildiğinde bunun özellikleri, yaratılışından beri –aslında evrenimizin yaratıldığı andan bile– etkileşmiş olduğu her parçacığıyla sarmaş dolaştır.

Bütün bunları ilk öğrendiğim günü çok iyi hatırlıyorum. Üniversiteye ilk girdiğim yılın Bahar dönemi idi. Çok iyi bir fizik hocam vardı. Herbert Bernstein. Kuantum mekaniği temelse, önce bunun öğrenilmesi gerektiğinde ısrarlıydı. Bundan dolayı ilk yıl fizik dersimiz kuantum mekaniği olup, dersin eriştiği yerde Einstein-Podolsky-Rosen deneyi ve Bell eşitsizlikleri vardı. Dışarda çimenlerin üzerine oturmuş Einstein, Podolsky ve Rosen'in, Bohr'un ve Bell'in makalelerini çalışıyordum. Ne anlama geldiklerini anladığımda da odama geri gidip yatağa uzanarak tavanla iki duvarın kavuştuğu köşeye bakmaya başladım. Ansızın bir tek sonucun mümkün olduğuna kanaat getirdim: uzay bir yanılsamaydı, öyle ki evrenin uyumluluğu uzayın ardında ve dışında olmalıydı. Uzay bir takım amaçlar için yararlı bir yapı olsa da temel bir kuram parçacıkların uzaydaki devinimlerine ilişkin olamaz. Uzay yalnızca istatistiksel ya da ortalama bir betimleme olabilir, sıcaklık gibi. Ayrıca, vücudumda atomlar bulunduğu ve bunların dokunduğum her kişinin vücudundaki atomlarla dolanık olduğu düşüncesiyle iyice sarsılmıştım.

Aklımca yerellik ve atomcu indirgemecilik ilkelerinin bu deneysel kanıtsızlanması klasik fizik dünyasına dönebilme olanağının yolunu kapatmış oluyor. Bu, kuantum mekaniğinin, evrenin uyumluluğuna daha da derin bir içgörü verecek bir kuramla değiştirilme olanağı –hatta gereklilik– bulunamayacağı demek değildir. Gelecekte kuantum mekaniğinin yapamadığını yapabilecek –yani hiç olmazsa ilke olarak– yaptığımız herhangi bir deneyin sonucunu kesinlikle öngörebilecek bir kuram olabileceğini düşlemek gene de mümkün.

Ama bu durumun asıl anlamı, böyle bir kuramın açıkça ve köklüce yerel olmayan yapısıdır. Bu, Newton ya da kuantum fiziğinden bilinenlerin ötesinde; bir zaman etkileşmiş olan iki parçacık arasındaki etkileşimleri betimleyecek yeni değişkenler içermelidir. Yani bir elektronun, kuantum fiziğinin sağladığından daha tam bir betimi olacaksa, bu kuramın sağlayacağı bilgi elektronun iç yapısı hakkında değil, yerine elektron ile evrenin geri kalanı arasındaki ilişkiler hakkında daha çok ayrıntı içerecektir.

Böyle bir kuram mümkünse, bize, bütün evrenin tam betimini vermedikçe tek bir parçacığın tam betimini sağlamayacaktır.

Başka deyişle bu noktadan sonra, kuantum mekaniğinden öteye bir ilerlemeyi temsil edecek bir fizik kuramı açıkça bir kozmoloji kuramı olmalıdır.

Kuantum kuramı, sonunda böyle bir yerel olmayan kozmoloji kuramının yaklaştırması çıkabilir mi? Şimdilik bütün söyleyebileceğimiz bunun imkânsız olmadığıdır. Böylesi bir kuram için birkaç örnek bulundu. Ne yazık ki hiçbirisi pek zarif ya da ikna edici değildi. En iyi tarafından bunlar henüz icat edilmemiş kuramların bir ilkseli olabilirler.

Ama gelecek her ne getirecekse getirsin kuantum mekaniğinden tersinemez bir ders aldık. Evrendeki her parçacığın diğerlerinden tamamen bağımsız olarak betimlenebileceğini söyleyen bu naif fikir başarısız oldu. Aspect'in deneylerinin sonucu olarak kökten atomculuk ilkesinin deneysel olarak çuvaladığını söyleyebiliriz. Bunun yerine bir temel parçacığın tam bir betimini vermek istiyorsak her parçacığın betimine geçmişte etkileşmiş olabildiği her parçacığın betimini de katmamız gerekir. Bu da, evrenin herhangi bir parçasının tam bir betimini ancak bütün evreni betimleyebileceğimiz kadar verebiliriz demektir. Evrende yaşayan ve onu anlamayı arzulayan bizler, aynı dolanık sistemin kaçınılmaz parçalarıyız. Evrenin bir parçasını gözlersek onunla tıpkı etkileşen iki parçacığın dolanık olması gibi sarmaş dolaş oluruz. Böylece kendimizin tam bir betimi diğerleriyle birleşmeden mümkün olamaz.

Evrenin nesnel bir betimini –bununla demek istediğimiz, bizim burada olup olmamamızdan bağımsız bir tam betim– arzulamak demek ki görünüşe göre deneysel fiziğin sonuçlarıyla çelişmektedir. Dolayısıyla uzayla zamanın neye bağlantılı olduğu sorusu çapraşık bir şekilde benim beş sorunun sonuncusuyla bağlantılı: *Evrenin içinde yaşayan bizler, evrenin bütününün tam ve nesnel bir kuramını nasıl kurabiliriz?*

Birleşik bir kozmoloji kuramı kurarken kuantum mekaniğini [genel] görelilik ve kozmolojiyle bir araya getirmeye kalkıştığımızda karşımıza çıkan kilit soru bu.

KISIM BEŞ

EINSTEIN'IN ÖCÜ

Bir bütün olarak evrenin tastamam ve nesnel bir kuramını evrende yaşayan bizler nasıl yapabiliriz ki?

Kim biz derse; bu, hep bir ben'dir.

–Jacques Derrida

KOZMOLOJİ VE KUANTUM

İnsanlar, geçen [19.] yüzyılın sonunda yıldızların gökadarlar halinde örgütlendiklerini bilmiyorlar, kütleçekimin ise sırf uzay ve zamanın nasıl düzenlendiğinin bir niteliği olduğunu hayal edemiyorlardı. Atomların ve yıldızların nasıl işlediklerini bilmiyor ve de ne kuantumu ne de atom çekirdeğini işitmişlerdi. Kıtaların devinimlerinden ya da genetik bilginin DNA'ya yüklü olduğundan haberleri olmayıp, Dünya'daki yaşamın geçmişine ilişkin yalnızca soluk bir kavrayışları vardı. Bunun ötesinde, evrenin bir kendi tarihi olması fikri, duymuş olsalar bile neredeyse akla sığmayacak bir şeydi.

Bu son [20.] yüzyılda edinilenler gerçekten müthiş. Aynı zamanda ise, bildiklerimize bir anlam verebileceksek, hâlâ neler öğrenmek istediğimizi, gerçekten de neler bilmemiz gerektiğini düşündüğümüzde, evreni bilişimizdeki bu dönüşüm döneminin henüz doruğa ulaşmadığından bir kuşkumuz var mı? Henüz bilmediklerimiz zaman zaman ürkütücü görünüyor. Proton, nötron, elektron ya da diğer bir parçacık kütlelerinin niye o kadar olduğunu bilmiyoruz? Bir kara deliğin içinde nelerin cereyan ettiğini ya da evrenimizin niçin böyle olağanüstü olasılıksız düzgünlük ve karmaşıklık karışımıyla yaratılmış olduğunu bilmiyoruz. Gökadaların nasıl oluştuğunu ya da yaşamın Dünya'da nasıl başladığını bilmiyoruz. Ve de henüz dünyamızı, kuantumu uzay ve zaman yapısının dinamik ve rassal oluşunun keşfiyle birleştiren tek bir varlık şeklinde anlamamıza yol açacak düşünce şeklini edinemedik.

Bu son durum tek başına, bilimsel bir kriz döneminden geçmekte olduğumuz anlamına geliyor. Çok büyük ilerleme kaydettik ama genel görelilik ile kuantumun henüz birleştirilememiş olması evrenin ne olduğuna ilişkin elimizde inanabileceğimiz tek bir resim olmadığı anlamına geliyor. Bir çocuk evrenin ne olduğunu sorsa ona söyleyecek tam anlamıyla hiçbir şeyimiz yok.

Bu [20.] yüzyılın tarihinden gelen birçok örneğin tanıklık ettiği gibi, insanların krizlerle, katlanılamaz çelişkilerle yaşamaya hattı sayılır bir yeteneği var. Bir kere bir şeyle bağdaşıp ona alıştık mı, çoğu zaman işlerin bir başka türlü gelişebileceğini düşünmek iyice zor. Bu belki de evreni her türlü ölçekte dönüştürme girişimine ilişkin en zor şeydir. Bazen düşünürüm, acaba insanlığın hâlâ var olması için gerçekten savaşız bir Dünya'yı, gelecek yüzyılda gerçekleşme zorunluluğu o denli apaçıkken devletler arası ilişkilerin olağan bir yanı olarak kaç diplomat ve tarihçi, hatta pasifistler bile hayal etmiştir? Kaç adet kanser uzmanı ya da AIDS eylemcisi her sabah, bu hastalıkların yalnızca birkaç yıl içinde gerilemeye başlayacağı kanısıyla uyanmakta? Ya da bildiğimiz her şeeye karşın, farklı deri renklerine götüren gen farklılıklarının, değişik saç renklerine ya da vücut biçimlerine götürenler kadar basit olduğunu açıkça ne sıklıkta algılıyoruz? Öyle ki, insanların hayallerinde olanların ötesinde, "ırk ilişkileri" dediğimiz sorun, farklı tarihleri olan insanlar arasındaki ilişkiler sorunundan pek farklı olmayıp bu sorun Birleşik Devletler ve diğer ölkelerde birçok kez çözülmüştür. Siyaset kuramcısı Roberto Unger'in bize söylediği gibi, Dünya'yı dönüştürmeye karşı her düzeydeki en büyük engel, işin farklı olabileceğini kavrayacak açık görüşlölük ve hayal gücünden yoksun oluşumuzdur.

Bilimde daha farklı olmayıp, yukarıda değindiğim soruları yanıtlayacak bir kuramın yapısındaki en büyük engelin, onlar üzerinde işimiz gereği çalışan bizlerin, bunların çevremizdeki varlığını fazla kanıksamış olmamız olduğunu sık sık düşünürüm. Gerçekten de, zaman zaman çözümleri düşünmeye problemler üzerinde çalışmaktan daha çok zaman harcar görünüyoruz. Ama fikirlere ilişkin çok güzel bir şey bunların kendi yaşamları olması; böylece çelişkili kavramlar insanların zihinlerinde yan yana yaşayabilirken, günün birinde birisinin imgeleminde bir yeni düşünce ve bir yeni birleşim yeni bir görüş getirecek ve bundan çıkarak her şey birdenbire yerine farklı şekilde oturacak.

Hiç kuşku yok ki, günün birinde kütleçekimin kuantum kuramı olacak ve dünyamızın bugün çok olanaksız görünen gizemlerinden birçoğunun yanıtını [genel] görelilik ile kuantumu tek bir kozmoloji kuramında birleştirerek verebilecek. O kuramın ne

olacağını bilemesem de bu kitapta ip uçlarını derlemeye ve bunu bir kere keşfedip anladığımızda evrenin neye benzeyeceğini hayal etmeye uğraştım. Bunu, başka bir neden olmasa bile kuantum kütleçekimin bir etkinlik, bir araştırma alanı değil, yapısı, yaşadığımız evreni anlayışımızı dönüştürecek bir kuramın adı olmak gerektiği düşüncesini en azından kendi içimde canlı tutmak amacıyla yapıyorum.

Bu kitapta, kozmosun tarihinden, temel parçacıkların özelliklerine ve yaşamın tanımına uzanan birçok farklı soru üzerinde durdum. Ama hep kütleçekimin kuantum kuramı üzerinde konuşup duruyorum. Eğer uzay, zaman ve kütleçekimin kuantum kavranışına ilişkin neler bildiğimizi henüz betimleyemiyorsam, sebebi önce tüm alanlarda üzerinde durduğumuz problemlerin tek bir bakış açısından incelendiklerinde ne ölçüde aydınlandığını ortaya koymak istiyor olmam. Çünkü bu son bölümlerde açıklayacağım gibi, bu bakış açısının kendisi, kuantum kuramı ile [genel] göreliliği, evrenimizin bir tek güzel ve akılcı anlatışında birleştirecek kuramın da temeli olmalıdır.

En kısa şekliyle, savunduğum görüş, evrendeki nesnelerin tüm özelliklerinin, yalnızca nesneler arasındaki ilişkilerin birer yanı olduğu dolayısıyla bunların herhangi bir mutlak ya da sabitlenmiş ardaalan yapısına bağlanmadan betimlenebilecekleri fikrini çok ciddiye almamdan ileri gelmektedir. Son birkaç bölümde, ilk kez Leibniz'in, Newton'ın fiziği biçimlendirme şeklini eleştirilerinden doğan bu bakış tarzının nasıl hem [genel] göreliliğin hem de kuantum kuramının en özlü ilkelerinin –ve en şaşırtıcı öngörülerinin– ardında yattığını betimlemiştim. Bu aynı bakış tarzının nasıl temel parçacıklar kuramının en büyük başarımına –ayar kuramları– götürdüğünü ve de sicim kuramıyla örneklendiğini gördüğümüz en büyük heveslerinin altında yattığını betimlemiştim. İkinci ve Üçüncü Kısımlarda bu ilkenin erişimini, yapı ve düzenliliklerinin, mutlak ve öncel bir yasa tarafından zorlanmak yerine rassal ve tarihsel kendi kendini örgütlenme süreçlerinin sonucu olduğu bir evren kavrayışını mümkün kılarak, köklü şekilde genişletecek bir konumda olduğumuzu göstermiştim. Şimdi de bu son bölümlerde bana, yalnızca bunların hepsini bir araya getirmek ve bu aynı ilkelerin kütleçekimin bir kuantum kuramının aranmasını

güdüp aydınlattığını, geri kalan bulmacaların çözümlerini nasıl kavramaya uğraştığımızı açıklamak ve bu arayışta şimdiye kadar öğrendiklerimizin öyküsünü anlatmak kalıyor.

Son bölümlerde ilerlemeyi duraklatan iki fikrin ötesine geçmemiz gerektiğini savlamaktayım, çünkü çekici gelmelerine karşın bunlar bütün bir evrenin bir kuramı kavramıyla bağdaşmıyorlar. Her birine özel bir ad verdim: köktenci atomculuk ve tek gözlemci nesnelliği. Bu belki tuhaf yapıların sebebi genelde indirgemeciliğe karşı olmayışımı açıkça belirtmek. Ben yalnızca, evrenin sırf sabitlenmiş, birbirlerine değil yalnızca değiştirilemez bir mutlak ardalana göre tanımlanan, değişmez özellikleri olan temel varlıklardan yapıldığını söyleyen çok daha köktenci fikre karşıyım. Benzer olarak bir nesnel evren olduğu fikrine karşı olmayıp ondan yanayım ve de bilimin ereğinin bunu kavramak olduğuna inanıyorum. Ama kanımca, bu ereğe bu kavrayışın evrenin tek bir gözlemcinin resmî ya da görüşü olarak okunacak bir biçime sokulabileceği fikrinden cayılmadıkça varılamaz, çünkü bu gözlemcinin zorunlu olarak evrenin dışında bulunması gerekir.

Üzerimizdeki güçleri yalnızca –bilimin başlangıçtaki gelişmesindeki dinsel ve felsefi köklere ilişkin– tarihsel raslantı olan bu iki fikre karşı üç ilke önerdim. Birincisi bir kozmoloji biliminin dayanağı, sırf evrendeki nesneler arasındaki ilişkiler olup anlamaları, sabitlenmiş ardaan yapılarının varsayılmalarını gerektiren özelliklere dayalı olamamasıdır. İkincisi özelliklerin böylesi ilişkisel kavranışının anlamı olan bir evren karmaşık ve içindeki farklı şeyleri birbirlerinden tamamen ayırt edilebilecek bir dolu çeşitlilik içeren bir evren olmalıdır. Kendimizi çeşit çeşit olgu ve yapılarla dolu bir evrende buluyor olmamız gerçeği rassal değil esas olmalıdır. Üçüncüsü nesnelerin gerçek ilişkilerini ortaya koymak için evrende nelerin fiilen gözlemlendiği ile kuramın betimlediği arasındaki karşılıklılığı açıklık ve özenle düşünmeliyiz.

Kuantum kuramı, kozmoloji ve [genel] göreliliğin birleştirilmesine ilişkin neler bildiğimizi betimlemeye geçerken bu ilkeleri aklımızda tutalım.

Kuantum kuramı, üzerinde çalışılan sistemin dışındaki bir gözlemciye özel bir rol yakıştırıyor. Ama bunu bütün evrenin bir kuramı durumuna yükseltmeyi umuyorsak, dışında, bir gözlemci-

nin durabileceği bir yer olamaz. İlk soru şöyle: Bunun hakkında ne yapacağız? İkinci soru uzayın geometrisinin kuantum mekaniği diliyle nasıl betimleneceği. Kısmen Leibniz'in bir ilişkisel evreni tarafından yönlendirilerek buna ilişkin, bazı sonuçlara eriştik; bunları izleyen bölümde betimleyeceğim. Arkasından da zaman sorusuyla sonlandıracağım.

Bohr ve Heisenberg'in, kuantum mekaniğinin yorumunun oluşturulmasındaki gözüpek adım, onların, kurama anlam verebilmek için evrenin iki kısma bölünmesinin zorunlu olduğunda ısrar etmeleri. Gözlemci, elinde bir saat ve ölçü araçlarıyla ayırımın bir yanında, incelenecek sistem de diğer yanında olarak. Başka her şeyden öte, kozmolojinin kuantum kuramını arayıştaki çekişme tamamen evrenin bu bölünmesinin ne çapta esas olduğu.

Bölünmenin birçok işlevi var. Belirsizlik ilkesinin bir sonucu olarak herhangi bir sistemin tam bir betimi için gereken her bilgiyi edinemiyoruz. Bunun bir sonucu olarak, bir kuantum sistemi üzerinde çalışırken hangi nicelikleri ölçmek istediğimizi seçmeliyiz. Eğer sonradan farklı bir seçme yaparsak, edindiğimiz eski bilgilerin bir kısmı, anında ve kopuk olarak artık yerindeliklerini yitirebilecek.

Bunun sonucunda, kuantum fiziği yaparken hep aklımızda tutmamız gereken şey, hiçbir zaman üzerinde çalıştığımız sistemin tam bir temsilini edinemememiz. Bu demektir ki elimizdeki bilginin temsili için kullandığımız soyut uzayın sistemle tam bir karşılıklılık içinde bulunması gerekli değildir. Örneğin yeni bilgi edinmek için yeni bir soru sordüğümüzda bunu yeni bir durumla temsil ederiz. Durumdaki bu atlama, sistem hakkındaki bilgimizde de bir sıçrama demektir. Asıl sistemin gerçekliğinde buna karşılık gelecek bir değişiklik olabilir de olmayabilir de. Bölünme, bu ayırtıların izini sürmemize yardımcı olur, çünkü evrenin, bir kuantum durumuyla eksikli temsil ettiğimiz kısmını sınırılıyor.

Dahası, kuantum kuramının olasılıksal doğası sebebiyle yeni gözlemin sonucunun ne olacağını tamı tamına öngöremeyeceğiz. Dolayısıyla da edineceğimiz yeni bilgiyi eldeki eski bilgiye dayanarak öngöremeyeceğiz. Bu ise Einstein, Podolsky ve Rosen'in savlarının temelidir: kuantum durumu gerçekliğe değil, sırf evrenin bir alt sistemine ilişkin bilgiye karşılık gelir.

Elimizde çoğu zaman bir sistem hakkında belirsizlik ilkesinin bıraktığı yüzde elli bilgiden çok daha azı var. Her makroskopik nesne en az 10^{22} atomdan yapılmış olup bunun hakkında en az bu kadar şey bilmeliyiz. Saatleri ve ölçme araçlarını kullanırken hep bunun öne alışından yararlanıyoruz. Sırf onların verecekleri sayılarla ilgilendiğimizden onlara ilişkin, başka hemen hemen hiçbir şey bilmesek de olur. Bilginin bu yüzde ellisini bilme sınırına yalnız kuantum olarak incelediğimiz sistemlerde yaklaşımaya uğraşabiliriz. Bu, bölmenin yararlı olduğunun bir diğer sebebi-dir: evrenin olabildiğince iyi öğrenmek istediğimiz bir kısmını geri kalanından ayrı tutuyor. Bu tutuş önemli, çünkü saatlerimiz ve ölçü araçlarımızın ayrıntılarından çoğunu bilmemekle yetinmemiz sayesinde bunları kuantum sisteminin sınırlarına varmak için kullanabiliyoruz.

Kuantum mekaniği şimdiye dek sınındığı her bağlamda çok iyi çalışıyor. Evreni iki parçaya bölmekte ısrar etmek bizi felsefe bakımından sıkabilir ama normal olarak evrenin yalnız bir kısmını incelemekle ilgilendiğimiz için bilime gerçek bir engel oluşturmaz. Üstesinden gelmek istediğimiz engeli çıkaran ise yalnızca, kuantum kuramını bütün evrene genişletme isteğimiz.

Kuantum mekaniğinin kozmolojiye genellenmesine ilişkin oturmuş bir görüş henüz olmadığından, söylediğim her şey tartışmalı görünebilir. İzlenmekte olan ve hiçbirini benim olmayan birkaç değişik görüşü betimlemek istiyorum.

Bu duruma en doğal yanıt, kuantum kuramının açıkça bütün evrenin bir kuramına genişletilemeyeceği olur. Eğer kuantum kuramına göre gözlemci betimlenmekte olan sistemin dışında kalmak zorundaysa ama evrenin içindeyse kuantum kuramı evrenin yalnızca bir kısmını betimleyebilmelidir. Öyleyse kuantum mekaniğinin sadece bir diğer kuramın bir yaklaşıklığı olduğunu ve bütün evrenin betimi için genişletilecek olan kuramın kuantum kuramı değil de bu daha derin kuram olduğunu düşünmek çok akla yakın olacaktır.

Bu, önceki bölümde eriştiğimiz, yani kuantum kuramının ötesinde bir kuram varsa bu bir kozmoloji kuramı olmalıdır sonucuyla güzelce kaynaşmakta. Yeni bir kuram icat etmek kolay değil, özellikle kuram ve deney arasında doğrudan bir karşılık

olmadığında. Ama bu, Roger Penrose gibi gözü pek kimseleri bu yönü izlemekten alıkoymadı. Böyle bir kuramın amacı evrenin iki kısma ayrılmasını gerektirmeyecek bir betimi ortaya çıkartmak olmalıdır. Bunun, Penrose ve birçok başkalarının da izlediği bir yolu, kuantum durumunun çökmesinin –ölçmeden dolayı durum-daki birden değişme– sadece bizim sistem hakkındaki bilimizin değişiminin bir yansıması olmadığını varsaymaktır. Onun yerine, bunun gözlemci olsun ya da olmasın, zaman zaman oluşan gerçek bir fiziksel süreç olduğunu önerirler. Bunun, kuantum kuramının öngörülerıyla uyuşması için de atomlar vb gibi küçük nesneler için çok seyrek, insan beyni gibi büyük şeyler için ise sık sık olduğunu varsaymak gerekiyor. Zorlayan şey ise doğanın büyük ile küçük arasındaki farkı nasıl anladığı. Penrose’un da peşine düştüğü doğal bir olanak bunu kütleçekim –sistemin toplam kütlelerini sayarak bulan kuvvet– alanının yapıyor olması.

Böyle bir kuramı kurmaya çalışmanın bir diğer yolu kuantum mekaniğinin ötesine geçen, önceki bölümde betimlediğim yerel olmayan bir kuram. Bunu, kendim dahil birkaç kişi yapmaya giriştik. Kuantum kuramını başka bir kuramla değiştirmeyi hedefleyen her gelişmenin önemli yanı deneysel fizikle bağlantı kurmaktır. Bu kuramlar, bildik kuantum kuramının öngöreceklelerinden farklı bir şey öngörmelidir. Doğruysalar, kuantum evreni ile yeni fizik arasındaki sınırı belirleyecek, boyutta, enerjide, belki de karmaşıklıkta bir ölçek olmalıdır.

İkinci bir yol da kuantum kuramını şöyle ya da böyle olduğu gibi bırakıp kuramın, gözlemciler ve ölçümler tarafından oynanan özel rolleri ortadan kaldıracak bir yorumunu bulmaya çalışabilmek olabilir. Bu yapılabilirse belki o zaman kuantum kuramı, bütün evrenin olduğu haliyle betimini verebildiğini savlayan Newton mekaniğine daha çok benzer. Şüphesiz, 16’dan 18’e kadar olan bölümlerin temaları Newton fiziğinin aslında, kuramın ivmesiz gözlemciler sistemin dışında olan bir gözlemci kavramına dayandığını söylemekte. Gene de bu, gözlemciden bağımsız yorumun amacına, kozmolojinin kuantum kuramıyla erişilemeyeceği anlamına gelmez. O zaman da bu araştırılması gereken bir olanaktır.

Kuantum kuramını, gözlemcinin ortalıkta olması gerekmeden yorma projesinin uzun bir geleneği var. Birçok iyi fizikçi en az kırk

yıldır çalışıyor. Şimdilerde çoğu yandaşları için yol çizgisi. Dolaşısıyla çıktısı ne olursa olsun bu anlatmaya değer bir öykü.

1950'lerde Hugh Everett adında bir lisansüstü öğrencisinin yaptığı hayret verici öneri kuantum kozmolojinin iki büyük öncüsü olan Bryce DeWitt ve John Wheeler tarafından ele alınıp desteklendi. Öne sürdükleri, gerçeklikle örtüşenin etrafta gördüğümüz değil, kuantum durumu olmasıydı. Hemen gelen, kuantum durumunun gözlediklerimizle sırf olasılıksal olarak örtüşmesi şeklindeki itiraza yanıtları ise çevremizde gördüğümüz evrenin, gerçekliğin yalnızca ufacık bir parçası olmak gerektiği oldu. Bunun yerine evrenin sonsuz sayıda kopyalara ya da "paralel dallara" katlandığını düşlediler; öyle ki her deney ve gözlemin her mümkün çıktısına dallardan biri karşılık gelsin.

Peki kuram o zaman bir öngörü yapabilecek mi? Yapabilir, çünkü her bir gerçeklik "dalı" içerisinde tutarlılık olmalı; örneğin aynı ölçmeyi yapan farklı gözlemcilerin, göreceklere anlaşımları gerekir. Kuram belli bir dal içinde ne olacağını öngöremezken aynı dal içindeki gözlemcilerin gözleyecekleri hakkında ne ölçüde uyuşacakları öngörebilir.

Bu öneriye "kuantum mekaniğinin çoklu evren yorumu" denilmekte. Hemen itiraf edeyim ki ben değil ama dost ve meslektaşlarımdan birçoğu bundan hoşlanıyor. Çok saygım olan kimselerin birçoğunun bundan yana olması beni derinden şaşırtıyor. Kuram, ilk önce biraz uçuk ve aşırı görünüyor. Durumu betimlediğim bir sanatçı dostumun söylediği gibi, fizik kuramındaki bir yorum sorununu halledemeyince evrenin sonsuz sayıda çoğaltılmasını ortaya atmak tıpkı bulaşıkları yıkamamak için her seferinde yeni bir sofra takımı satın almaya benziyor.

Çoklu evren yorumu gözlemcinin evrenin parçası olmasına yolu açmakta ama bedeli, gözlediğimiz evrenin, gerçekliğin sadece küçük bir parçası olması. Bu bir ilerleme gibi görünse de itiraf etmeliyim ki, gerçekliğin, gözlediğimizden çok kuantum durumuyla ilişkili olduğunu savlayan yandaşlarının ne demek istediklerini hiç anlayamadım. Bu, evrende yaşayan birisi olarak benim gerçekliği gözleyemeyeceğim anlamına mı geliyor? Öyle görünüyor. Bu yoruma göre, yalnızca evrenin dışındaki bir gözlemci, bütün evrenle, bizim bir kaptaki bazı atomlar ile aramızda olan aynı iliş-

kiyi bir şekilde sürdürebiliyorsa evrenin bu kuantum durumunu gözleyebilir. Çoklu evren yorumuna göre gerçekliği bütünüyle yalnızca böyle bir gözlemci bilebilir.

Dolayısıyla sanki çoklu evren yorumu bütün evrenin kuantum kuramında tek gözlemci nesnelliği kavrayışını koruma girişimi olarak anlaşılabilir. Evrenin kuantum durumunun, bunu evrenin içinden (alışılmış anlamıyla) gözleyebilecek bir gözlemci bulunamamasına karşın gerçekliğe karşılık geldiğini ortaya koyma isteğini anlamam için başka bir yol bilmiyorum. Bu kurgu gerçekliğin tek bir nesnel görünüşü olduğu fikrini, bunu evrenin içinde yaşamayan bir gözlemcinin görüşü olan aşırı bir yolla koruyor.

Bana öyle geliyor ki böylesi bir gözlemci için tek mümkün ad Tanrı olabilir, kuramın bu gerekçeyle eleştirilmesi de pek olası değil. Bu, Tanrı'ya karşı bir şeyim olduğu için değil, evrenin nesnel gerçekliğini, yalnızca bir dış gözlemcinin bilebileceğini savunan bir kuramın bütün evrenin bir kuramında olması istenen mantıksal uyumluluktan yoksun olduğunu sandığımdan. En düzüne şekliyle çoklu evrenler yorumu, sanırım modern fiziğin metafizik köklerinin bir diğer gölgesi, mutlağa olan özlemin bir diğer göstergesi. Bu, gerçeği ideal karşısında geriletip böylece evrene dışından bir bakış düşlemeyi ve bu bakışı yapabilen bir varlıkla özdeşleşmeyi arzulayan bir hevesi açığa çıkartıyor.

Bu metafizik sorunlarına ve dürtüleri hakkında ne hissedilirse edilsin, kuantum kuramına tamı tamına uyumlu bir yorum sağlıyorsa, çoklu evrenler yorumuna ilişkin pek az olumsuz söz edilebilir. Ancak, işin sonunda bu olmuyor. Evet, örneğin kuantum durumunun bir ölçmeden sonra hiç de süresiz değişmediği yorumunu sağlamak gibi belli bir şeyleri beceriyor, ama kurama evreni betimleyecek bir dil seçmeye ya da yanıtlarını bulmak isteyeceğimiz hangi soruları seçeceğimize karşılık gelecek bir öge katma gereğini ortadan kaldırmaz.

Sorun şu ki, kuantum durumunu farklı dallara bölebileceğimiz sonsuzca değişik yol var. Bunların hemen hepsinde klasik evrene uzaktan bile benzeyen hiçbir şey yok. Bunların yalnızca birkaçında bizim dünyamızı nitelendiren sıradan –parçacıkların konumları ve alanların değerleri gibi– gözlemlenebilirlerin kesin birer anlamı var. Çoklu evren yorumu, yaşadığımız evrenle ilgi-

li öngörülerini, yalnız dalların bölünlenmesini Newton fiziğinde anlamlı olacak niceliklere göre seçtiğimizde yapar. Kuram, gerçekliğin, sırf ona ilişkin edinilen bilgi değil de onun bir betimi olarak ayakta duracaksa, dalların, niçin Newton fiziği nicelikleri anlamlı olacak gibi bölünlenmesi gereğine bir neden bulmalıyız.

Son on küsur yıl içinde bunun nasıl yapılacağına ilişkin “uyumu bozma” denilen bir görüş ortaya çıktı. Buna göre, eğer klasik fiziğin diliyle kurgulanacak bir yorumu olabilecekse, bir kuantum evreni çok özel olmalıdır. Bu olduğunda evrenin “uyumu bozuldu” denilir. Özellikleri belirli nesneler içeren klasik evrende olduklarını düşünen gözlemciler sadece bu vakalarda bulunabilir.

Biz insanların özel yanının birbirimize öyküler anlatmamız olduğunu söyleyen antropologlar var. Eski çağların kozmolojilerinden dostlarımızın gönül işlerine kadar olanlardan bilip duyduklarımızı dile getirip anlatırız. Uyumluluğu bozma fikri de bu geleneğe giriyor. Bu, her şeyin üstünde, evrenin tarihini anlatacak öyküleri evrenin kuantum durumuna kodlanmış olabilecek bilgidan nasıl çekip çıkarılacağına ilişkin bir öneridir.

Kuantum fiziğinde bir öykü farklı zamanlarda neler olduğuna ilişkin bir dizi soru sorularak kurgulanabilir. Her soru takımı bir yanıtlar dizisi çıkartır. Her mümkün yanıt takımının ise evrenin tarihçesini oluşturduğu söylenir. Sorun şu ki, kuantum fiziğinin böylesi tarihçelerinin çoğu, içindeki nesnelerin özellikleri sabitlenmiş olan bir klasik evrene karşılık gelemmez. Bunu yapmaya çalışırsak farklı alması tarihçelerin olasılıklarının toplamı bir etmiyor. (Bu çift yarık deneyinden tanıdık gelmeli: parçacığın ya alt ya da üst yarıktan geçme olasılığı, her birinden geçme olasılıklarının toplamına eşit değil.)

Öyle özel soru dizileri seçilebilir ki farklı soruların yanıtlarından yaratılacak öykülerin olasılıkları toplamı bire toplanabilir. Bu yapılabilirse bu öykülere “tutarlı” denilebilir. Yalnızca bu vakalarda kuantum sistemlerine ilişkin akla uygun mantıksal anlam verecek bu kuantum kuramının, yorumuna ilişkin bir yaklaşımın temelidir. Bu, *tutarlı tarihçeler yorumu* dedikleri, gözlemciszliğe heveslenen bir yorum. Bunun ana geliştiricileri Murray Gell-Mann, James Griffith, James Hartle ve Roland Omnes. Bunların düzenlemesi, kuantum dünyasının, “uyumu bozularak” klasik

dünyaların bir topluluğuna erme fikrine tam bir anlam vermeleri mümkün oldu.

Bu, evreni sanki klasikmiş gibi algılayan bizler gibilerin varlığına kuantum evreninin ne ölçüde izin verdiğine açıklık getiriyor. Ama bir yandan da bu çapta başarıyla hâlâ ufak bir sorun var. Bir evren, etrafımızı klasik ve kararlı özelliklerle betimleyen tutarlı bir tarihçeler takımına yol açtığında, aynı derecede tutarlı birçok başka tutarlı soru ve yanıt takımına da yol açacaktır. Bu diğer takımlar evrenin öyküsünü tanıdık klasik terimlerle hiç de betimlenemeyecek bir dille anlatacaktır.

Bu, asıl çoklu evrenler yorumunu sıkı sorunlardan pek farklı değil. Kuram klasik betime, mümkün bir gerçeklik olarak izin veriyorsa gerçekliğin diğer aynı derecede tutarlı betimlerine de izin verir. Kuramın izin verdiği gerçeklik tanımı çok fazla şey kapsar. Sırf belli bir öykü takımıyla –örneğin klasik söylemde akla yakın gelenler– ilgilendiğimizi söylemedikçe kuram hiçbir kesin şeyi öngöremez.

Kuramın bu yanı iki genç Britanyalı bilim insanı, Fay Dowker ve Adrian Kent tarafından keşfedildi. Bu, geçtiğimiz iki yıl¹ içinde fizik konferanslarında ateşli tartışmalara yol açtı ve iki türlü tepki gelişti. Birisi kuramın henüz tamamlanmamış olması. Eğer uyum bozulması ya da tutarlı geçmişler kuantum kozmolojinin temeli olacaksa o zaman biz de klasik nicelikler cinsinden betimlemeyi tüm diğerlerinden ayırt edecek bir ölçüt bulmalıyız. Bunun yokluğunda dünyamızın klasik fizikle niçin bu denli iyi betimlendiğinin bir açıklanma yolu olamaz.

Diğer tepki, savın görünürde lanetleyen sonucuna sarılıp evrenin gerçekliğinin, gerçekten çok yanlış ve kendimizinkinin yanı sıra birçok başka gözle görülebilecek bir şey olduğunu ileri sürmektir. Bu durumda kalan tek soru ise bunların niçin evrenin diğer bir türde öyküden değil de eldeki türden algılandığı gibi yapılandığı.

Bu, aşağıdaki öneride bulunan Murray Gell-Mann ile James Hartle'in görüşü. Onlar, bizler gibi yaratıkların, gerçekliği doğal seçimle böyle –yani öngörülebilir şekilde davranan kararlı nesnelerden oluşmuş “klasik bir evren” olarak– algılayabilmeye duyarlı olacak gibi evrildiğini söylüyorlar. Evrenin öyküsünü an-

¹ 1990'ların sonları –çn.

latacak diğer almasıık yollar aynı derecede tutarlı ve gerçeklikte eşit ama evreni böyle ama kendisini evreni böyle görmeye uyarlamış bir yaratık pek düzenli olarak yemeğe gideceğine güvenemez. Duyu organlarımızı, bize nesnelerin nerede olduklarına ve nasıl devindiklerine ilişkin bilgileri işlemek için evrimleştirdik çünkü yaşamı sürdürmek için yapmamız gereken buydu.

Bu görüş doğruysa, dikkate değer durum, evrenin karmaşıklık-
lığının, onların çalışma stratejisinin işe yaraması için bir önko-
şul olmasında. Bu görüşe göre, evreni klasik oluşa göre algılamak
mümkündür çünkü düzenlilik düzeyi çok yüksek. Bu demektir ki
basit yasalarla yapılanmış bir evrenin karmaşıklık devşirmiş ol-
masına hiç inanılmaz. Evrenin karmaşık olması olgusunda temel
bir şey bulunmalı.

Bu görüş sonunda tamamıyla doğru olmasa bile bu tartışma
dikkate değer bir vargıya erişti. Son bölümlerde gördük ki genel
görelilik, anlamlı bir yorumu olacak bir evrenin karmaşık olma-
sını gerektirir. Burada gene aynı sonuca varıyoruz: kuantum ku-
ramının bütün evrene uygulanacak bir yorumunu, evren yeterince
karmaşık olmadıkça edinemeyiz. İlerledikçe bu sonuca ilişkin sıkı
bir şey olduğunu göreceğiz. Çünkü bütün evrenin kuantum kura-
mını anlamlı kılmayı hedeflediğini bildiğim her girişim, evrenin
karmaşıklık ve çeşitliliğini sarmaladığı ölçüde başarılı olur.

YİRMİ BİR

ÇOĞULCU BİR EVREN

Bir dostu ya da sevgilisiyle anlaşmazlığa düşmüş herkes, tek bir gözlemcinin bütün evrenin tam ve nesnel bir betimini edinebilmesinde komik bir şey olması gerektiğini bilir. Yaşamda, kuantum kozmolojide de olduğu gibi bunun sebebi başkalarına ilişkin bilgi edinmenin zorluğunda olmayıp, sorunun kökü kendimizi tam ve nesnel olarak görmemizin olanaksızlığında yatabilir.

Hiçbir gözlemcinin kendisine ilişkin tam ve nesnel bilgi edinebilmeyeceği önermesi için basit bir sav ileri sürülebilir. Bunu Thomas Breuer adlı bir felsefeciden öğrendim. Savın özü basit. Bir gözlemci her ne gözlediyse bu kendi belleğine anı olarak kaydedilir. Böylece gözlem eylemi ister istemez gözlemciyi değiştirir, artık gördüğünün kaydı da belleğinin içeriğidir. Bu demektir ki gözlemcinin, kendi kendinin daha tam bir gözlemi yapmaya girişmesinin hemen ardından belleği kendisinin bir an önceki tam betiminin kopyasını içerecektir. Ama şimdi durumu değişmiş oluyor, hem de dramatik şekilde, çünkü kendisinin tam bir kopyasının kaydı, onun durumundaki ufak bir değişme olamaz. Öyleyse belleğinde olanlar mevcut durumunun bir gösterimi değildir. Gene deneyebilir, ama açıkça burada bir sonsuz yinleme sorunu çıkıyor. (Gözlemcinin belleği sonsuz olabilse bile!)

Kendimizin bile tam bir gözlemi yapamıyorsak, artık görüşümüz bütün evrenin tam bir betimini içeremez. Bu demektir ki, bu görüş evrenin dışındaki bir varlığa ait olmadıkça, evrene ilişkin hem tam hem de nesnel tek bir görüş, olamaz. Evrenin dışında hangi kurgusal varlıkların bilebileceği hususundaki iddiayı göz ardı edersek tek gözlemci nesnelliğinin, bütün evrenin bir kuantum kuramındaki olanaksızlığı sonucuna varmalıyız.

Gecikmeden ekleyeyim ki kendimiz hakkında bol miktarda bilgi edinme olanağını bu sav peşin peşin dışlamıyor. Tüm mak-

roskopik sistemler gibi kendimizi de tam olarak betimlemek için gereken bilgi miktarı muazzamdır. Öyleyse arzuladığımız çapta bütün evrenin tam ve nesnel bir betimini oluşturmak, yalnızca bilim için bir sorundur. Ama problem ciddi olup, böylesi bir betimleme evrendeki herhangi bir tek gözlemcinin erişebileceği bilgidenden oluşturulamaz.

Kuantum kozmolojiye önceki bölümde betimlediğim iki yaklaşımın her biri bununla uyuşur. Yerel olmayan gizli değişkenli bir kuramda evreni tam olarak betimlemek için gerekli bilginin çoğu birbirlerinden çok uzakta olan nesnelerin aralarındaki ilintilerde yatar. Evrenin ufak bir parçasına sınırlanmış hiçbir gözlemci bu bilgiyi edinemez. Çoklu evren ve tutarlı tarihçe yaklaşımlarında, kuantum durumunda evrendeki tek bir gözlemcinin ortaya çıkabileceğinden daha çok bilgi bulunduğu aksiyom gibidir.

Ancak, her iki yaklaşım da kurgusal bir dil yaratılmasına yol açıyor. Öyle ki bunu kullanarak evrenin dışında olup evreni tamına betimlemek için gerekli tüm bilgiyi bilebilen bir gözlemcinin sözü edilebilsin. Bu bir şekilde yanlış görünüyor. Bir kozmoloji kuramından, evrendeki gözlemcilerden gelen kısmi yorumdan daha fazlasının yanı sıra evrenin dışındaki kurgusal varlıklar cinsinden daha tam bir yorum fantezisine de kendini açık tutmasını bekleriz. Evrenin dışındaki bir gözlemci kavramı temel bir çelişkiye dayanır. Çünkü o zaman ikinci ve daha büyük, hem evren dediğimizi hem de onun kurgusal gözlemcisini kapsayan bir evren bulunmalı. Bütün evreni betimlemesi arzulanan gerçekten temel olan bir kuramda böyle bir mantık hatası yapmak olanaksız olmalıdır.

Kanımcı, bundan kaçınmak için bir kozmolojik kuantum kuramından, evrenin içindeki gözlemciler üzerinden yapılacak yoruma olanak sağlamaktan daha fazlasını istemeliyiz. Kuramın evrenin dışındaki bir gözlemci cinsinden bir yorumunun yapılma olanağı mantıksal olarak yasaklanmalıdır. Bunu bir ilke yapabiliriz: *bir Kozmoloji kuramının evrenin dışındaki bir gözlemci cinsinden bir yorum olanağının mantıksal olarak dışlanması ilkesi.*

Bu demektir ki kozmolojinin bir kuantum kuramına, sadece kuantum mekaniğinin biçimlenimini evrene genişletmekle erişilemez. Buna başka ne yorum getirirsek getirelim o biçimlendirme

hep sistemin dışındaki bir gözlemci cinsinden bir yoruma izin verecektir, *çünkü o bunu yapmak için icat edildi*. Kozmolojinin bir kuantum kuramını yapmak için evrenin herhangi bir alt sistemine uygulandığında anlamsız olacak bir matematiksel biçimlenim icat etmek zorundayız.

Bunu nasıl yaparız? Mümkün bir yaklaşım sadece evrenin tam bir betiminin tek bir gözlemcinin edinebileceği bilgiden oluşabileceği fikrinden caymak. Bunun yerine, evrenin tam ve nesnel bir betimi, bir topluluk oluşturan ve her biri evren hakkında kısmi bilgiden fazlasını hiç edinemeyecek gözlemcilerin görüşlerinin bileşiminde bulunabileceğini ileri sürebiliriz. En basit denişiyle her şeyi bilemeyeceğim. Görünüşe göre, kuantum mekaniği bundan kurtulacak bir yol bırakmıyor. Ama belki de, hiç olmazsa ilke bakımından her şeyi bilebiliriz.

Bunu yapmanın bir yolunu betimlemek istiyorum. Bu, yıllar içinde birçok dostla yaptığımız konuşmalarda gelişti. Burada betimlediğim fikirlerin pek çoğu gibi bu önerinin esini kısmen Leibniz'in yazdıklarından geliyor. *Monadoloji*'sinde Leibniz, monad adını verdiği, büyük sayılarda varlıklardan oluşmuş bir evreni ileri sürüyor. Bu monadlar uzayda yaşamıyorlar; daha çok uzay bunların ilişkilerinin bir yanı. Ayrıca evrende bunlardan birisi olmayan hiçbir gözlemci yok. Bunun yerine Leibniz'in görüşünde gerçeklik, her bir monadın diğerleri hakkındaki görüşleri ya da algılarında bulunuyor. Monadlardan başka bir şey de olmadığından bunlardan birisinin diğerleri hakkında algıladıkları ilişkilerden başka bir şey değil. Leibniz'in evreninin tam bir betimi dışarıdan elde edilemezken, hiçbir monad da gerçekliğin bütününe tam olarak göremez. Daha doğrusu gerçeklik, tüm monadların görüşlerinin toplamında bulunuyor. Leibniz bu görüşünü bu kitabın açılışındaki parçada çok güzel ifade ediyor.

Birçok filozof/felsefeci *Monadoloji*'yi bir metafizik yapıtı olarak betimler. Belki de haklılar, ben bir bilge değilim. Leibniz'in yazdıklarında anlamakta zorlandığım kısımlar kesinlikle var, ayrıca anladığım takdirde belki de onlarla uyuşmayacağım. (Gerçekten de felsefede bunun sık sık olduğunu gördüm, birisinin dediklerini anlamakta zorlandığımda bu paylaşmadığım örtük bir varsayımdan ileri gelmekte.) Ama Leibniz'in bu anladığım kısım-

larından edindiğim izlenim onun, bugün kozmolojinin kuantum kuramını yapmaya giriştiğimizde yüzleştiğimiz aynı genel sorunlarla boğuşan bir fizikçi oluşu. Sanırım yazdıklarında betimlediği görüşlerine, bütün evreni betimleyecek bir fiziksel kuramın, örneğin hasmı Newton'ın istediği mutlak uzay ve zaman varsayılma-
dan nasıl yapılandırılacağı sorunuyla boğuşarak yöneldi. Önceki bölümlerde betimlediğim gibi, bu Einstein'ın genel görelilik kuramına kadar hiçbir fiziksel kuramın kısmen bile başaramadığı, Leibniz'in yeterli neden ilkesini tatmin eden bir kuram demektir. Şimdi Leibniz'in bu problemi çözdüğünü söyleyecek değilim. Öyle olsaydı, göreliliği icat etmiş olurdu ve yalnız yüksek matematiği¹ henüz icat etmiş birisi olarak onun bile bunu başarması pek mümkün değildi. Ama problemle diğer filozoflardan daha çok boğuştuğu için yapıtının, şimdi ondan öğrenebileceğimiz içgörülerini içerdiğine gerçekten inanıyorum.

Birkaç dost ve ben Leibniz'in fikrinin bütün evrenin bir kuantum kuramının yapılmasında bir model olarak kullanılmasının mümkün olup olmadığını düşünmekteyiz. Kaba hatlarıyla söylersek içinde, her birinin diğerlerine ilişkin eksik görüşlerinin kuantum durumuyla temsil edildiği birçok gözlemcinin bulunduğu bir kuram kurmak istiyoruz. Kuantum mekaniğini evren için genişletme problemine böyle bir çözüm bir bakıma çoklu evren yorumunun zıddıdır. Çok evren yerine betimi birçok kuantumu durumu gerektiren tek bir evrenimiz olacak. Her kuantum durumu evrenin bir kısmının –eldeki gözlemciyi hariç tutan– betimi olacak.

Bunun işe yaraması için her biri başka gözlemcilerin bildiği bilgileri içeren değişik kuantum durumları birbirleriyle tutarlı olmalıdır. Ancak, bu tüm gözlemcilerin aynı bilgiye sahip olmasını gerektirmez. Diyelim ki iki bilim insanı, Louis ve Carlo havanın nasıl olduğunu öğrenmek istiyorlar. Louis, kayıtlı hava durumu bilgisini veren numarayı arıyor. Sonra da onun evrene ilişkin bilgisi sıcaklık, rüzgâr vs koşullarını içerecek. Ardından bir şey söylemiyor. Peki Carlo ne biliyor? Henüz hava hakkında kesin hiçbir şey. Ama telefondaki Louis'i gözlerken dostunun havanın ne olduğunu ilgili servisten öğrenmiş olduğu sonucuna varabilir.

¹ Diferansiyel ve integral hesabı –çn.

Louis'e sormak yerine, Carlo havayı gözlemek için yandaki odaya giderek pencereden dışarı bakmayı seçebilirdi. Artık durum simetrik. Louis, Carlo'nun dışarıdaki hava hakkında bir şeyler bildiğini biliyor, ama bu bilginin içeriğini bilmiyor. Daha sonra ben gelip onlara bakarak hemen, onların bir diğeri hakkında bir şeyler öğrendiklerini anlıyorum. Carlo bana "Şu çılgın Amerikalılar, onlara "bu gün ceket giysem mi?" deseniz hemen telefona sarılırlar" deyince, Louis "Şu çılgın İtalyanlar sanıyorlar ki sırf pencereden bakmakla hava hakkında, öğleden sonra yağmur yağıp yağmayacağı hakkında hava durumu servisinden daha çok şey öğrenecekler" diye karşılık veriyor.

Gözlemcilerin her ikisinin de evren hakkındaki bildiğini kuantum kuramının diliyle betimlediğini düşünelim. O zaman Carlo kendi evren görüşünü betimlerken Louis'i, havayı ve hava durumu servisini içeren bir kuantum durumunda bulunuyor. Bu kuantum durumunda hava durumu servisinin hava hakkında bildikleri ile Louis'in bildikleri arasında bir ilinti olduğu bilgisi bulunacaktır. Ama tıpkı iki evcil hayvanın türleri arasındaki ilintiyi, bunların kedi ya da köpek olduğunu belirlemeden betimleyen bir durum olduğu gibi, Louis ile hava durumu servisinin hava durumu hakkında uyuşacakları gerçeğini, Louis ile hava durumu servisinin havanın tam nasıl olduğu hakkında uyuştuklarının ne olduğuna ilişkin bilgiyi içermeyen bir kuantum durumu da bulunabilir.

Benzer olarak Louis'in de kendi evren bilgisini içeren bir kuantum durumunu betimleyen, hava durumu servisi, hava durumu ve Carlo'ya ilişkin bir şeyler içeren bir kuantum durumu vardır. Onun evrene ilişkin bilgisinin tümünü betimleyen durum, Carlo'nun hava durumu hakkında bir şeyler bildiğini, bunların ne olduğunu belirlemeden içerebilir. O zaman, benim de Carlo'yu, Louis'i hava durumu servisi ve hava durumunu betimleyen bir durumum var. Ama edinebileceğim tek bilgi, Carlo ile Louis'in ikisinin de hava durumu ve birbirleri hakkında –içeriğine ilişkin bilgi edinemeyeceğim– bir şeyler bildikleri.

Newtoncu bir bakış açısından bu gözlemcilerin her biri zamanla bütün oluşumun –hava durumunu, bunu kimin ne bildiği– tam bir görünümünü kazanabileceğini düşleyebiliriz. Ama kuantum kuramında gözlemcilerin her birisi, evrenin geri kalanı hakkında

tam bir görünümü vermek için gerekebilecek bilginin en çok yarısını edinebilir. Örneğin evrenin yeterince basit olduğunu hayal edin, öyle ki hava durumu hakkında yapılabilecek ölçümler yalnız sıcaklık ve yağış olsun. Bu durumda kuantum mekaniği kimsenin yağış olup olmadığını termometrenin ne gösterdiğini andaşlıkla bilemez. O zaman, gözlemcilerin her biri yalnız birini ya da ötekini bilebilir. Carlo dışarıya bakıp yağış olup olmadığını görebilirken, Louis de hava durumu servisini arayıp sıcaklığın ne olduğunu öğrenebilir. Benim her birinin, diğer sorunun yanıtını bildiğini bilebilmem de –yanıtların ne olduklarını bilemediğim kadar– kuantum mekaniğiyle tutarlıdır.

Bilimle ilgilenmeye ilişkin gerçekten harikulade şeylerden biri insanın dostlarıyla tartışma ve konuşmalarının yıllarca ve değişik ortamlarda sürebilmesi. Louis Crane ve Carlo Rovella ile New Haven'deki şu ilk toplantımızla başlayıp birçok telefon görüşmesi ve karşılaşmayla sürerek evrenin büyük bir kuantum durumları –her birinin bir gözlemcinin evrendeki diğer nesneler hakkındaki kısmi bilgi ya da görüşün betimini kurguladığı– kümesi ile betimlenmesinin mümkün olup olmadığını tartışıyoruz. Kuantum kuramında hiçbir gözlemcinin bilgisinin tam olamayacağı gerçeği varken farklı görüşlerin birbirleriyle nasıl ilişki kuracağı biraz giriftleşebilir, hava durumu hakkındaki öykümdeki gibi. Bu eğer mümkün her türlü görüşü hesaba katan makul bir kuram olacaksa, değişik görüşlerin, aynı evrenin kısmi görüşleri olarak kalırlarken nasıl farklı olabileceklerini koşullayan bazı ilkelere dayanmalıdır.

Leibniz'in kullandığı terimler cinsinden ifade ettiğimizde gereken şey, tüm monadların görüşlerinin nasıl uyum içinde bulunduğunu betimleyecek bir matematik. Dahası, bu matematiksel yapı alışılmış kuantum kuramınıninkinden farklı olmalı, çünkü bundan bütün evrenin sanki dışarıdan bir gözlemcininki gibi bir betim çıkartılmaya girişildiğinde sonucu ya sudan bir şey ya da tutarsızlık olmalı.

Bunların hepsi çılgınca gelebilir. O zaman, hemen ekleyeyim, böyle bir kuramın işe yaraması için gerekli matematiksel yapılar halen geliştirilmekte. Bunlar kuantum kuramının çok özel bir sınıfı olan topolojik kuantum alanlar kuramlarının üzerindeki çalışmalardan doğdular. Bunları ilk kez, üç ve dört boyutlu uzay-

ların topolojisini incelemek amacıyla Michael Atiyah ve Edward Witten icat etmişlerdi. Yıllar önce de Louis Crane bunların, kütleçekim ve kozmolojinin, evrenin dışındaki bir gözlemci üzerinden bir yorumunu kendiliğinden yasaklayacak bir kuantum kuramını kurmak için gerekli çerçeve türünü tamı tamına sağladığını farkettiler.

Topolojik bir kuantum alan kuramı, sınırları ve dışı olmayan bir küreye benzer kapalı bir evrenin modelidir. Ancak, bütün sistemle bağlantılı kuantum durumları yok. Uzaydaki noktalara bağlantılı, elektrik ve manyetik alanları düşündüğümüz şeklindeki alanlar da yok. Bunun yerine bir topolojik alan kuramında evrenin betimi onu ikiye bölen bir sınır çizimiyle başlıyor.

Böyle bir sınır tercihi verildiğinde bir kuantum durumları uzayı kurarız. Bu fikir, bunların, bir tarafta yaşayan bir gözlemcinin evrenin diğer tarafındaki parçası hakkında edindiği bilgiyi içermesine yorulabilir.

Evreni iki yarıma bölecek bir sınır çizmenin birçok yolu var. Topolojik kuantum kuramında bunlardan birini seçmiyoruz, yerine kuram hepsine eşit davranıyor. Evreni ikiye bölmenin mümkün her şekli için bir kuantum durumu belirliyoruz. Her biri bir taraftaki bir gözlemcinin diğer taraf hakkındaki kısmi bilgisini içeriyor.

Bu dilde, değişik sınırlara bağlantılı bilgilerin birbirleriyle ilişkilene yollarını koşullayan duyarlılık şartları düzenlemenin mümkün olduğu ortaya çıkıyor. Görülüyor ki evrenin dinamiğini betimleyen yasalar, değişik görüşlerin herhangi birisinde olmak yerine, aralarındaki ilişkilene melerde kodlanmıştır.

Şimdilerde ise bu topolojik kuantum alan kuramlarını dört boyutlu evreni betimleyecek kadar varsıl yapılara yoğuracak çalışmalar sürmekte. Bu yaklaşımın en ilginç yanlarından birisi bu kuramların evrendeki nesnelerin özelliklerini kendi anlatma yolları olması. Bunda *kategori kuramı* denilen bir dili kullanıyorlar. Bu, Leibniz'in varlığını bilseydi kucaklayacağı bir dil; çünkü matematikçi John Baez'in bana anlattığı gibi bu onun felsefesindeki zorluklardan birini gideriyor. Ayırt edilemeyenlerin özdeşliği ilkesi der ki özdeş olan her şey aynıdır; iki farklı şeyin özdeşliğinden söz etmek olanaksızdır. Bu iyi bir felsefe gibi geliyor, ama bir sorun

var: bu matematik yapmayı zorlaştırıyor. Çünkü matematikçilerin bütün gün yaptıkları, içinde eşitlik işaretinin sağındaki niceliğin solundakine eşitlendiği denklemler yazmak. Ama Leibniz'e göre iki nicelik eşitse özdeş olmalılar. Öyleyse $1+1 = 2$ gibi bir denklem aslında ne demek? Bunun bir yanıtı tüm böyle ifadelerin sadece bilineni bildirmek olduğu. Düz mantığa göre $1+1 = 2$ gibi bir ifadenin tek anlamı $1 + 1$ 'in sadece 2 için başka bir ad olduğu. Ama bu zırva görünüyor. Matematik yalnız bilineni bildirmeyi kapsıyorsa bunun bize çok şey öğrettiği izlenimi neden?

Kategori kuramı bunu sırf farklı şeyler arasındaki ilişkileri betimleyerek çözüyor. Kategori kuramının dilinde sırf $1+1 = 2$ diyemeyiz. Yapılabilecek şey iki farklı nesne –birisi bir çift 1, diğeri ise 2– arasında bir ilişki varsaymak. Bu ilişki, adına toplama dediğimiz belli bir dönüşüm olduğu ve bunun birinci nesneye etkiyerek ikinciye dönüştürmesi olarak betimlenebilir.

Bu, kulağa bilgiççe gelebilir, ama içinde hem doğru hem de yenilikçi şeyler söylenebilecek matematikle, yalnızca girift bir, bilineni bildirme olan matematik arasındaki fark budur. Kategori kuramının içeriği varmış gibi görünen ama sonuçta boş çıkan şeyleri söylememize de izin vermez. Böylece topolojik kuantum alan kuramının bütün evrenin durumundan sanki dışarıdan ama ona bağlantısız birisinin gördükleriymiş gibi söz etmesine de olanak vermez.

Topolojik kuantum alan kuramlarının bir diğer çekici özelliği var. Bu, onların zorunlu olarak, önceki kuramlarda düşlenenlerden daha basit evrenleri betimlemeleridir. Sıradan kuantum kuramında bir sistemin sonsuz sayıda mümkün kuantum durumu var. Bu, eğer kuantum kuramı bir parçacığın sonsuz sayıda farklı konumu olduğu gerçeğini betimleyecekse gereklidir. Bunun yanında topolojik kuantum kuramları yoksul kalır. Bunlara göre evrende, verilen bir yüzeyle bağlantılı herhangi bir gözlemcinin yalnızca sonlu miktarda bilgisi olabilir.

Adlarının kökeni işte bu: İlk başta bunlar yalnızca topolojiyi betimlemekte işe yarar sanılıyordu. Bu yalnızca sonlu miktarda bilgiye gereksinir. Bu nedenle de görünüşe göre topolojik kuantum alan kuramlarının, sonsuz miktarda bilgi gerektiren gerçek dünyamızı betimleyemeyeceği düşünülebilir.

Ancak, bunun yanlış olduğuna ilişkin iyi nedenler var. Evrendeki hiçbir gözlemci evrenin geri kalanı hakkında sonlu bir miktardan daha çok bilgi edinemez. Bu sonuç kuantum kütleçekim problemine başka bir yaklaşımdan geliyor. Bu, insanların kara deliklerin kuantum kuramının nasıl betimlenebileceğini anlamaya uğraşmalarıyla ortaya çıktı.

Ama belki de şimdiye kadar kuantum kütleçekimini arayışta ki en büyük edim 1970'lerin ortalarında kara deliklerin termodinamik sistemler olduğunun farkedilmesiydi. Bu, Jacob Bekenstein ve Stephen Hawking'in keşfettiği gibi her bir kara deliğin bir sıcaklığı ve entropisi var demektir. Bir sistemin entropisi onun içerebileceği en büyük bilgi miktarının ölçüsüdür. Kara delikler hakkındaki hatırı sayılır bir şey ise entropilerinin ufuklarının yüzölçümleriyle orantılı olmasıdır.

Bu keşfi John Wheeler'le çalışan bir doktora öğrencisiyken Jakob Bekenstein yaptı. O günden beri bu keşfinin köktenci sonuçlarının peşinden gitmekte: uzayın, verilen bir bölgesinde içerilebilecek bilgi miktarının bir sınırı var. Sınır o bölgeye sığabilecek en büyük kara deliğin ufuk yüzölçümü. Kara deliğin entropisi yüzölçümüyle orantılı olduğuna göre herhangi bir sistemin içerebileceği en çok bilgi miktarı, sınırının yüzölçümüyle orantılı olmakta.

Bunun savı şöyle özetlenebilir: Termodinamik yasaları uyarınca sistemin entropisini azaltacak hiçbir sürece izin verilemez. Diyelim ki sınırlı bir bölgede herhangi bir kara deliğinkinden daha çok entropisi olan bir sistem bulunsun. Bu durumda da o sisteme her zaman, yoğunluğunu, bir kara deliğe çökmek zorunda kalmasına yol açacak kadar artıracak enerjiyi yüklenebilir. Ama o zaman da entropisi o sınır içine sığacak bir kara deliğinkine kadar *inecektir*. Bu ise olanaksızdır. Bu yüzden de, bu savın, bir sistemin aynı bölgeyle sınırlanacak bir kara deliğinkinden daha çok entropisi olması varsayımında bir yanlışlık olmalı. Öyleyse sonlu bir bölgede bulunan bir sistemin entropisi sınırlıdır. Ama o zaman da, entropi bilgisinin bir ölçüsü olduğundan içerilebilecek bilgi de sınırlıdır.

Uzayın bir bölgesinde içerilebilecek bilgi miktarının sınırlı olması yirminci yüzyılın temel ilkelerinden birisine –evrenin alanlarla dolu olması– tam zıddır. Alan uzayın farklı noktaların-

da bağımsız olarak değişebilen bir şeydir. Bir alan böylece klasik fizikle de kuantum fiziğiyle de betimlense sonsuz miktarda bilgi içermeli. Nesnelerin küçüklüklerinin bir sınırı olduğu, dolayısıyla sonlu bir uzayın sonsuz parçaya bölünemeyeceği düşünülse bile bir alan kuramcısı bu bölgede içerilebilecek bilgi miktarı yüzeyinin büyüklüğüyle değil hacmiyle orantılı olacağını belirleyecektir. Bu durumda Bekenstein'in sınırı denilen kısıt ise kara delikleri betimleyecek herhangi bir kuantum kuramı böyle bir alan kuramı olamayacağını belirtir.

O zaman da noktalardaki alanların cinsinden olmayacaksa fiziği nasıl betimleyeceğiz? Fizikçiler kuantum kütleçekimine ilişkin hiçbir fikrin, yeteri kadar çılgınca olmadıkça başarıma şansı olamaz diye takılır. Genç bir alan kuramcısı olarak birkaç kez görüşüp yaptıklarını anlattığım Richard Feynman her seferinde bana yaptıklarımın yeteri kadar çılgınca olmadığı için giydirmişti. Eh işte belki, bu sınamadan geçmiş olabilecek bir fikir: buna *holografi varsayımı* deniyor. Buna göre Bekenstein sınırı, evrenin uzaydaki noktalarda olanlar cinsinden betimine izin vermediğini öne sürüyor. Bunun yerine evrenin betimi, yalnızca bölgeler arasına sınırlar çizip içeride ne olduğunu sınırlarla bağlantılı bilgiler cinsinden betimlersek mümkün olabilir. Bu bilgi bize içerideki bölgeye sınırından baksaydık neler göreceğimizi söyler. Bir holograma bakınca da öbür tarafındaki evrenin kurgulanmış bir görüntüsünü görürüz. Bu varsayım evrenin yalnızca bu olduğunu söylüyor: üç boyutlu uzayda iki boyutlu yüzeylerde yaşayan bilgiden kurgulanan görüntülerden başka bir şey yok.

Holografi varsayımı Gerard 't'Hooft ve Leonard Susskind tarafından icat edildi. Her ikisinin de kendi hesaplarına çok önemli ve hayal gücü yüksek epeyce katkıları olmuştu. Gene de bu gerçekten ciddiye alınması zor bir fikir. Bilmemiz gerekiyor ki: Hangi yüzeyler hologramdır? Bu hologramlar tüm yüzeylerle mi bağlantılı yoksa yalnız belli birkaçıyla mı? Her gözlemci bir yüzeyle kuşatılmış olabilir. Yani çevremize baktığımızda gördüklerimizi kodlayan her birimizle bağlantılı bir hologram mı var? Öyleyse, siz ve ben gökyüzüne baktığımızda aynı göğü gördüğümüzü hangi ilke garanti ediyor? Eğer yüzeylerde kodlanmış olanlardan başka gerçeklik yoksa bu soruların yanıtları bulunmak zorunda.

Topolojik kuantum alan kuramının bu soruları yanıtlaması mümkün. Bunun sebebi bize içinde, sistemi evrenin geri kalanından ayıran mümkün her yüzeyle bağlantılı olarak bir kuantum betimi verecek bir kuramın nasıl kurulacağını söylemesidir. Dolayısıyla bu iki düşünce tarzı güzelce kaynaşıp birbirlerini destekliyor. Bunlardan, içinde fizik ilkelerinin, farklı gözlemcilerin evren hakkındaki bilgilerinin birbirlerine bağlanışını koşullayan ilişkiler olarak ifade edildikleri bir kuram çıkabilir.

Okuru uyarmalıyım ki betimlemekte olduğum fikirler oldukça yeni. Başaramamaları için her şans var. Fizik, matematik ve mantığın temellerindeki en derin sorunlara birlikte yönelen bir şeyler olduğunu söylemek yeter. Başarırsa geriye bakarak, matematik ve fiziğin bütün bir alanı, Leibniz, açıkça farklı monadların algıları “birbirleriyle uyum içindeler” dediğinde dışladığı şeylerde gizliymiş diyebiliriz.

Kendi görüşüme göre önünde sonunda fizik yasaları en doğal ifadelerini özünde kombinatoryel, yani saymak gibi sonlu süreçler cinsinden ilkelerde bulacaklar.... Dolayısıyla böyle bir görüşe göre, uzayzamanın kesikli ya da kombinatoryel bir biçimi ortaya çıkmalı.

—Roger Penrose, *Magic without Magic* [Sihirsiz Sihir]

Uzayzaman sürekliliğinin, küçük ölçekte olanların moleküler yapısı bakımından doğayla zıtlaşır görüldüğü düşünülebilir. ... Belki de Heisenberg yönteminin başarısı doğayı betimlemenin sırf bir cebirsel yöntemini, yani fizikten sürekli fonksiyonların kaldırılmasını gösteriyor olabilir. ... Ancak, şimdilerde ise böyle bir program boş uzayda soluk alma girişimini andırıyor.

—Albert Einstein, *Out of My Later Years* [Son Yıllarım]

YİRMİ İKİ

EVREN: BİR İLİŞKİLER ŞEBEKESİ

Kuantum kelimesi, çok küçüklerin betimi için çok yerinde, çünkü mikro-dünyadaki fiziksel niceliklerin, sayılabilir olmaları bakımından birçok kesikli yanları bulunuyor. Newton fiziğinde ise hemen her ilgi duyulan niceliğin sürekli görünmesinden dolayı durum farklı. Klasik kavranışa göre bir parçacığın kütlesi ya da yükü, enerjisi, konumu, momentumu ve açısal momentumu hep sürekli şekilde değişebilen nicelikler. Kuantum mekaniğinde ise, şimdiye dek geliştirildiği kadarıyla, bu niceliklerin kimileri artık kesikli oldular. Elektrik yükü ve açısal momentum, atomlar gibi bağlı sistemlerin enerji düzeyleri hep kesikli birimlerle sayılır.

Ama kuantum fiziğindeki her nicelik kuantumlu değildir. Uzayda gidip duran serbest bir parçacığın, konumu, momentumu ve enerjisi gibi hâlâ sürekli olarak değişir. Bu bir takım düşünürleri, eldeki kuantum kuramını, yalnızca içindeki tüm fiziksel ni-

celiklerin kesikli olacağı gerçekten temel bir kurama doğru bir adım olmak gerektiğini önermeye yöneltti. Bunun bir sebebi temel bir kuramın olabildiğince basit olma gereği, hiçbir matematik ise saymak kadar basit olamaz. Bir diğer neden de, gerçekten temel bir kuramın, elimize sayılamayan sayıda elemanı olan kümeler geçtiğinde hemen ortaya çıkan mantıksal çelişkilerden bağışıklık arzusudur. Bir gerçel sayının sadece anlamını tanımlamanın gerektirdiği mantık, her birinde sonsuz eleman bulunan, sonsuz kümeli incelikli bir limit içerir. Evrenin, betimi için en temelinde böyle çapraşık bir düşünceyi gerektirmesi pek olası görünmüyor.

Kuantum kuramında hâlâ sürekli olan niceliklerin hepsi, önünde sonunda uzayda devinmekle ilgili çıkmakta. Bu, birçok kimseyi, uzay ve zamanın kendilerinin temelden kesikli oldukları keşfedildiği takdirde sürekli niceliklerin kuantum mekaniğinden kalkacağı fikrine yöneltti. Bu bölümün başındaki alıntılardan da gördüğümüz gibi Einstein bile bunu merak etmişti. Ondan beri bir spekülasyon geleneği ortaya çıktı. Buna göre genel görelilikteki uzayzaman betiminin altında keşfedilmeyi bekleyen esastan kesikli bir yapı olmalı.

Bu gelenekle başlangıçtaki karşılaşmam birinci sınıf fizik öğrencisiyken katıldığım bir fizik konferansında oldu. Konferansın son gününde kendimi etkileyici, siyah giyinmiş bir kişinin yanında buldum. Tevrat'tan çıkma bir peygamber gibi durgun bir varlığı ve buna uyan bir sakalı vardı. Konuşma yaratarak ne üzerinde çalıştığını sordum. Fiziğe yaklaşımının, Tanrı'nın evreni nasıl yaratmış olabileceğini hayal etmek ve sonra da Ona öykünmeye çalışmak diye yanıtladı. "Tanrı integral alamaz ama her halde sayabilir" sonucuna varınca da elektronun kesikli bir evrende devinimine ilişkin bir oyun kurgulamış. Şaşkın şaşkın ayrılırken adını sormayı unuttum. Ancak yıllar sonra fiziğe türlü türlü katkıları, kara delik ufuklarını, istatistik fizikte soliton kavramını içeren ve Tanrı için yeterince basit bir evrenin betimini yaşam boyu araması kuantum kütleçekimin peşinde olanlara esin kaynağı yapan kişiyle, David Finkelstein'la karşılaşmış olduğumu farkettilim. Sanırım bilimsel çalışmalarım sırasında daha arı bir ruhu hiç tanımadım.

Uzay ve zamanın altında yatan kesikli yapıyı arama geleneğinde, kuram fizikçileri arasındaki en sıkı düşünürlerin pek çoğu

var. Einstein, Finkelstein ve Penrose'un yanı sıra birçok fizikçi buna katkı sağladı. Aralarında Jacob Bekenstein, Richard Feynman, Chris Isham, Ted Jacobson, Alexander Migdal, Holger Nielsen, Tulio Regge, Rafael Sorkin, Gerard t'Hooft ve John Wheeler bulunuyor. Bu kişiler ve diğerleri güzel yapılar icat ederek bunları uzay ve zamanın temel destekleri olarak önerdiler. Ancak, tüm bu yaklaşımların bir sorunu var: bunlar, uzay ve zamanın belli bir yaklaşıklıkta doğru olması gereken sürekli görünümüne pek kolay uymuyor. Bu nedenle birçok daha az cesur kimse kuantum kütleçekimine daha az cesurca yaklaşma yolları izlediler: kuantum mekaniğinin kurallarını genel göreliliğe doğrudan doğruya uygulamaya uğraşmak. Böyle yaparak umduğumuz (ben de aralarındayım) en azından, uzay ve zamanın kuantum düzeyinde nasıl betimleneceğine ilişkin bir ip ucu bulmak.

Bu bölümde anlatmak istediğim öykü, bu arayışların nasıl sonuçlandığı. Beklentilerimizin tersine izlenen yollardan birisi, kuantum geometrisinin bir görünüşüne Einstein'ın uzay ve zaman betimiyle başlayıp buna kuantum mekaniği kurallarını uygulayarak varmakta başarılı oldu. Bizi şaşırtan, ortaya çıkan resmin, kesikli bir kuantum geometrisi olup, birçok bakımdan alanımızın peygamberlerinin beklentilerini onaylaması oldu. Bulduğumuz görünüş, aslında otuz yıl önce Roger Penrose'un defterlerinde doğan –ve onun *spin ağları* dediği– basit bir oyundan pek farklı değildi. Dahası bu yapılar, Leibnizci felsefe izlenip her basamakta, yalnızca ilişkiler cinsinden tanımlanan anlamlı nicelikler cinsinden konuşmakta ısrar edilerek ortaya çıktılar.

Yanıtlamayı istediğimiz soru, uzayın geometrisinin, kuantum kavramların egemen olduğu Planck ölçeğinde nasıl betimleneceği. Kuantum mekaniğini uzayın kendisine uyguladığımızda orada da atomdaki yörüngemsiler gibi kesikli durumlar olabildiğini umuyoruz.

Ama uzayın kuantum durumlarını nasıl bulacağız ki? Bunlar uzayda yaşayan bir şeyler gibi olamaz, çünkü kuantum betimleme düzeyine yükseltmeye uğraştığımız şey tamı tamına uzayın kendisi. Dahası, temel ilkelerimizden biliyoruz ki bu betim bütünüyle ilişkisel olmalı; uzayın, hiçbir saptanmış ve mutlak yapısı olmamalı.

Gereken bütün tedbirle, son on yıl [1997'den geriye] içinde bu probleme bir çözüm bulunduğunu, önermek sanırım mümkün. Sonucun betimi kolay: *uzayın mümkün kuantum durumları bir sicim parçasını düğümlemenin değişik yollarıyla etiketlenebilir.*

Bir parça sicim alıp bir düğüm attıktan sonra uçlarını bağlayın. Bir parça sicim daha alıp ona da bir düğüm atın ama değişik olması- na özenin ve gene uçlarını düğümleyin. Tekrar tekrar deneyin. Bunu hiç yapmamışsanız, birbirlerinden farklı düğümler atmaya istediği- niz kadar sürdürmenin mümkün olduğuna şaşıp kalacaksınız.

Bunu sürdürürken karşılaşacağınız sorun yeni düğümler ya- ratmak değil, her düğümü diğerlerinden ayırt etmek. Çünkü insan, iki düğümün aynı olup olmadığının sırf bakarak anlayamayaca- ğı karmaşıklığa çok çabuk erişilir.

Oyun, iki ya da daha çok sicim parçası alınıp onlara düğüm atılıp, birbirlerine bağlanarak daha da ilginç yapılabilir. Düğümler- lerin, birbirlerinden kolayca ayırt edilemeyecekleri kadar karma- şıklaşacağı noktaya çabucak erişileceği görülecektir.

Matematikçiler düğümlerle iki yüzyıldır kadar oynamaktalar. Düğümleri inceleme dürtüsünün ilk Leibniz'le başlamış olması yeterince ilginç. O, "... cebirin büyüklüklerle uğraştığı gibi, doğ- rudan konumlarla uğraşan" yeni bir matematik dalına gereksinim olduğunu iddia etmişti. On yedinci yüzyılda birkaç matematikçi, bu öneriyi izlemeye çalışmak üzere düğümleri incelemeye başladı. Bu ilk çabalar giderek topoloji disiplini geliştirdi. Ama düğüm kuramı konusu 19. yüzyılın sonunda iyice gelişti. Birtakım fizik- çiler atomların elektrik alanın düğümlenmiş borucukları olması fikrini edinmişlerdi. Değişik düğümlerin değişik türde atomlara karşılık gelebileceklerini öneriyorlardı. Böylece mümkün değişik düğümlerin listelerini ve sınıflandırılmalarını yapmaya yöneldi.

Atomların düğümler olduğu fikri gözden oldukça çabuk düş- tü. Ama artık matematikçiler tutulmuşlardı. Çünkü düğümlerin, çocuklara bile sorulabilecek soruların çeşit çeşit girift yapıları sakladığı ve yüzyıllar boyu çözümsüz kaldığı ideal bir matematik konusuna dönüştüğü ortaya çıkmıştı. Gerçekten de matematikçiler o kadar girişme karşın hâlâ düğümleri tam anlamıyla betimleyip sınıflandırmaya yetecek bir yöntem bulabilmiş değiller. Herhangi iki düğüme uygulayarak aynı olup olmadıklarını söyleyebilecek ba-

sit bir yol olup olmadığını, onu bile bulamadılar. Ama bunun yanı sıra düğümlere ilişkin o denli güzel olan şey, bunların, yapının sırf ilişkilerden doğabileceği ilkesini saf bir biçim olarak kapsamaları.

Geriye bakınca, sanki birisi, düğümleri sırf bu nedenlerle uzayın kuantum betimini verme probleminin çözümünü temsil etmek için önermiş gibi görünüyor. Bunlar kesikli ve sayıları sonsuz olduğundan sonsuz sayıda olabilirliği temsil edebilirler. Dahası bunlar, uzaya ilişkin, üç boyutlu olması ve nesneleri rahatlıkla oradan oraya devindirmenin mümkün olması dışında hiçbir bilgiye de dayanmıyorlar. Böylelikle sırf ilişkilerin bir evrenini cisimlendirirler. Herhangi bir kimsenin böyle bir öneride bulunduğundan haberim yoksa da en azından bildiğim birkaç düğüm kuramcısının böylesine güzel yapıların evrenin nasıl yapıldığıyla bir ilgisi olduğuna ilişkin bir sezgiyle güdülmüş olabileceklerini biliyorum. Keşfettiğimiz uzayın şu değişik kuantum durumları, tıpkı atomlarda olduğu gibi uzayın değişik mümkün kuantum durumları da sınıflandırılabilir. Her bir değişik düğümlemeye uzayın değişik bir kuantum durumu karşılık geliyor.

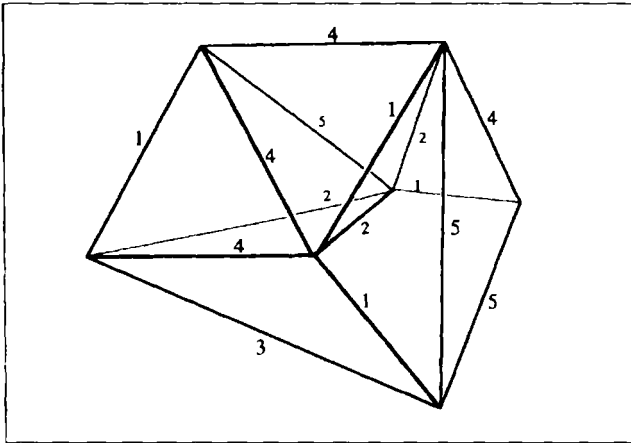
Aslında durum bundan az daha karışık. Öyle ki, sicim parçaları birbirleriyle karşılaşp, ayrılmadan önce bir süre birlikte gidebilirler. Dolayısıyla ilgilenmemiz gereken şey sicim destesi ağları. Her ağ ayırtlardan oluşur. Ayırtlar boyunca belli sayılarda sicimler bulunur. Ayırtlar köşelerde birleşip sicim parçaları bir ayırttan diğerine yöneltilir. Kuantum geometrisinin tam bir resmini edinmek için şimdi ayırtlarının birbirleriyle bağlanıp düğümlendiği böyle bir ağı düşlemeliyiz.

Roger Penrose, matematik doktorası yapan bir öğrenciyken tıpkı böyle ağlarla oynamaya başlamıştı. İlk dürtüsü dört-renk problemini –yani sınırları olan iki ülkeyi haritada aynı renkle gösterememek için dörtten fazla renk gerekmediğini kanıtlama-çözmekti. Ama o, ağlar için açısız momentumla ilgili kuantum deneyleri için diyagramlar [graph] şeklinde başka bir uygulama buldu. Kuantum mekaniğinde açısız momentum kesikli birimler halindedir. Bunlara spin denilir. Penrose, o ağları, çeşit çeşit spinleri olan parçacıkların gezinip etkileşmelerini içeren süreçlerin tabloları olarak yorabileceğini farketti. Her ayırttaki sicim parçalarının sayısı parçacığın kuantum spinine karşılık gelirken, köşe-

ler arasındaki yöneltirme ise bu kesişimlerde neler olduğunun öyküsünü anlatmakta. Sonra da bu spin ağlarının uzay ve zamanın altında yatan temel süreçlerin tablolarını betimlediğini hayal etti. Yani temel düzeyde neler olduğunun betimi için, bu parçacıkların uzayın neresinde devindiklerini ve etkileşmelerinin ne zaman olduğunu söylemenin gerekli olmadığı önermesini koydu. Kesikli etkileşmelerin resmi bu olgular yerine, betimin, içinden uzay ve zamanın geometrisinin çıkacağı birincil düzeyi olarak görülmeliydi.

İnanıyorum ki Penrose bu spin ağlarını kesikli uzay ve zamanın doğru resminin kimi elemanlarını içeren bir tür ısınma, oyun olarak düşünüyordu. Ama bulduğumuz şey ise tamı tamına bu oyun olduğuydu; kuantum kuramının kuralları genel göreliliğe uygulanınca, hiç başka bir kurcalama gerekmeden ortaya çıkıveriyordu.

Eğer uzay böyle düğümlenmiş ağlardan oluşmuşsa bunun böyle pürüzsüz, özelliksiz bir süreklilik olduğu izlenimimiz neden var? Yanıt, cildimizin ya da kumaşın pürüzsüz görünümünününkiyle aynı: ağın ayırtları ve düğümleri öyle minik ki yalnızca Planck ölçeğinde, atom çekirdeğinden en az yirmi mertebe daha küçük. Edinmiş olduğumuz görüntüye göre pürüzsüz ve özelliksiz olan tanıdık uzay aslında çok büyük sayılarda temel kuantum düğümlerinden örülmüştür.



Şekil 4: Uzayın kuantum geometrisine karşılık gelecek mümkün bir spin ağı.

Bu resim işe yarayacaksa önünde sonunda lisede öğrendiğimiz bütün geometriyi bu ağların özelliklerine indirgememiz gerekecek. Bu mümkün, ama sırf farkına varmak yıllar aldı. Bunu yapmak için Leibniz, Mach ve Einstein'ın bize öğrettiklerini hatırlamalıydık: uzaysal ilişkilerin üzerinde anlamlı şekilde durmak için gerçek fiziksel nesneler hakkında sorular sormamız gerekiyor.

Bunu, işin sonunda özellikle basit görünecek bir örnek gösteriyim. Uzayda bir yüzeyimiz olsun. Yüzölçümünü nasıl belirleyeceğiz? Yüzey, uzayı temsil eden ağın içinde gömülü. Bu, fiziksel anlamı olan bir şeyi temsil etmeli; örneğin bir kara deliğin yüzeyi ya da elektriksel potansiyelin sıfırlandığı yer. Bu sorunun yanıtı için başta oldukça girift bir hesap yapmak gerekiyordu. Dolayısıyla yanıtın çok basit çıkmasına çok şaşırdık. Yüzölçümü kesikli birimler cinsinden çıkıyor. Her ağ ve yüzey için hesap, yüzeyi kesen ayırtların her birindeki spinlerin toplamını bulup, Planck uzunluğunun karesi olan belli birimle çarparak yapılır.

Vurgulamak isterim ki betimlemiş olduğum şey uzayı kuantum kuramı ve görelilik dilleriyle andaş olarak tutarlı bir şekilde betimlemek için bir yol bulmaktan gelen bir fiziksel öngörüdür. Kuram bunun gibi başka öngörüler de yapıyor. Bize hacmin de yalnız belli kesikli birimlerle geldiğini söylüyor, bunların değeri ise Planck uzunluğunun kübü. Hacim de sayarak bulunuyor: bir bölgenin hacmini ölçmek için o bölgenin diyagramındaki boğumlarının tümüne bakmak gerekiyor. Sonra da sicimlerin yönelimlerinin bu boğumlardan geçenlerini betimleyen belli sayılar toplanır. Bu hesaplamalar oldukça daha zor olup gerçekten de, bu küçük kuantum hacim birimlerinin doğru bağıntılarını keşfedinceye kadar pek çok hata yaptık.

Ne yazık ki bu öngörülerini sınayacak deneyler yapmak çok zor; Planck ölçeği aşırı küçük. Ama bu sonuçlara götüren matematik, raslantı olamayacak kadar güzel ve sağlam ve ben de çok eminim ki bölgelerin yüzölçüm ve hacimlerinin 10^{-33} 'lük bir duyarlılıkla sınanmasına bir yol bulunduğunda sonuç, mümkün yanıtların da kesikliliği olacaktır, tıpkı atomların enerji düzeyleri gibi.

Bu tabloyu ciddiye alacaksak yanıtlanması gerekli bir diğer soru var. Basit bir ağa karşılık gelen bir kuantum durumunu –örneğin bir ilmek şeklinde düğümlenmiş tek bir sicim– ele alsak?

Bununla, bizim uzayı klasik görüşümüzün karşılıklılığını nasıl sağlayacağız? Yanıt: ele alamayız! Bu ancak ağ aşırı derecede – düğümlerinin bir tekinden otuz mertebe büyük ölçeklerde ortalama bir düzgün yapısı olacak kadar– karmaşıksa yapılabilir. İşte çevremizdeki, Newton'ın, evrenin ebedi mutlaklığı olarak düşündüğü uzayın kendi varlığı aslında evrenin çok özel ve rassal özeliğidir. Kuantum durumu değişik olsaydı uzay olarak betimleyebileceğimiz yalnızca bir düğümler topluluğuna kodlanmış ilişkiler ağı olacaktı.

Son bölümde kuantum evreninin kesikli olduğu sonucuna götüren farklı düşünce tarzı üzerinde durdum. Bu, Bekenstein'in, sonlu bir yüzölçümü olan bir yüzeyin yalnızca sonlu miktarda bilgi içereceğini gerektiren sınırlamasına dayanıyordu. Bunun, yüzeyin yüzölçümünün kesikli olmasıyla bir ilgisi var mı ki? Sanırım yanıt evet olmalı. Ama hemen eklemeliyim ki bu düşünce tarzı yepyeni. Bir ip ucu: spin ağları, kuantum kütleçekimine değişik yaklaşımlardan çıkan derin bir yapısal kodlar görünmekte. Bunların topolojik kuantum alan kuramlarında da büyük rolleri var.

Betimlediğim düşünce tarzının kökeni aslında Penrose'un spin ağlarında bulunuyor. 1960'ların ortalarında başlayarak bunları, uzayzamanın bir görünüşü olarak detaylandırdı. Buna burgaç kuramı demişti. Burgaç kuramının temel fikri uzay ve zamanın süreçler arasındaki ilişkilerden tanımlanacağıdır. Bu tabloda süreç kavramının uzay, zaman, hatta parçacık fikrinden bile önceliği bulunduğu düşünülüyor. Burgaç kuramı böylece genel görelilik kuramında çok kışkırtıcı sonuçlara götürdü: genel görelilik kuramının denklemlerinin –evrenin sezgimizden gelen sağ sol simetrisinin kalıcılığını kavrayışımızı terk etmeye razı gelsek– çarpıcı şekilde basitleşebileceğini öneriyordu.

Bu çok şaşırtıcı ama geriye, parçacık fiziğinin ufuk açıcı keşiflerinden birisine kadar gider. 1950'lerde Columbia Üniversitesinde Chien Shiung Wu adında bir deney fizikçisi nötrinoların aynada gözlemlendiğinde aynı görünmedikleri gibi bir özgün özellikleri olduğunu keşfetmişti. Tıpkı ellerimiz gibi nötrinolar da iki çeşit, sağ-elli ya da sol-elli. Bu adların sebebi, bunların, gittikleri yol yönünde sağa ya da sola dönmeleridir. Doğadaki parçacıkların çoğu böyle her iki çeşittendir. Ama Wu tek bir türden, sola dönen

nötrino olduğunu keşfetti. Böyle olabileceği iki kuramcı, Tsung Dao Lee ve Chen Nin Yang tarafından ileri sürülmüştü. Ama bu keşif hâlâ şaşırtıcı ve bugüne dek niye böyle olmak gerektiğini hiç kimse anlamadı.

Uzayzaman, Penrose'un burgaç kuramında nötrinin yayılırken gördükleri cinsinden betimleniyor. Bundan dolayı içkin olarak simetrisiz olan burgaç kuramı, uzay ve zamanın, nötrinoların sol-elliliğine karşılık gelen bir sol-elli görünümünü vermekte. Şaşırtıcı olan ise, Penrose'un içinde evrenin ayna görüntüsünden farklı görüldüğü bu betimin belli şekillerde alıştığımız simetrikli betimden daha basit görünmesi.

Sonraları, 1980'lerin ortalarında Birleşik Devletler'de çalışan iki Hint fizikçi Penrose'un ortaya çıkarttığı bu basitliğin nasıl işe yaratılacağını keşfetti. Önce Amitaba Sen, Einstein denklemlerinin bir parçasını alışılmış ifadelerinden çok daha basit bir kılığa sokabileceğini buldu. Bunu, burgaç kuramından aldığı ipucunu izleyip nötrinin uzayzaman geometrisini nasıl gördüğünü sorarak yaptı. Sonra da, Abhay Ashtekar bundan esinlenip, Einstein kuramını –nötrinin uzayzamanda ilerlemesini betimleyecek şekilde uyarlanan yeni değişkenler cinsinden– bütünüyle yeniden kurgulamayı icat etti. Bu yeni dille, Einstein kuramının denklemleri, çok daha basitleşmekle kalmadı, aynı zamanda standart modelin altında yatan ayar kuramlarının denklemlerine de çarpıcı derecede benzedi.

Okur belki hatırlar, ayar kuramlarının kilit fikri, bir parçacığı gezintiye çıkarıp, başlangıçtaki kuantum durumuyla, sonunda nasıl görüldüğünü karşılaştırmaktı. Bu da ayar kuramlarını, parçacığın çizdiği yolu temsil eden ilmekler cinsinden betimlemeyi doğallaştırır. Ayar kuramlarının böyle anlaşılmasının uzun bir geçmişi var. Bizim çalışmamız, bu betimi Ashtekar'ın genel göreliliği yeni kurgulamasına uygularken ortaya çıktı. Bizim, düğümler ve ağlar resmimizdeki her ilmek, artık bir nötrinin uzayda gezdirilip sonra da başlama noktasına geri getirildiği bir sürecin bir temsidir.

Anlayışımızın bu resmi, evreni, uzayın geometrisinin daha temeldeki –böyle süreçlerle dokunmuş ağlarla yapılanmış– kuantum düzeyinden doğduğu bir dille betimleyerek özetlenebilir.

Bana en güzel gelen şey ise, uzayın, genel görelilikle kuantum mekaniğini birleştirme girişimlerinden geldiği şekliyle nasıl betimleneceği probleminin çözümünün Leibniz, Mach ve Einstein'ın uzgörüleri ile uzayın herhangi bir temel kuramının, fiziksel nesneler arasındaki ilişkilerin bir yanı olarak doğma zorunluluğunu gerçekten haklı çıkartmış olması.

Abhay Ashtekar'ın, genel göreliliğin yeniden kurgulanımını bir ağlar görünümüne tercüme etmesi, on yıllık bir çalışma aldı. Temeldeki fikirler Ted Jacobson ve Carlo Rovelli ile yaptığımız çalışmada gösterilmekte. Şimdiki duruma getirilmesinde ise pek çok başka fizikçi ve matematikçinin yardımı oldu. Gene de yüzölçümü ve hacmin kesikli olması gibi başarılı öngörülerine karşın okuru bunun son durum olması beklentisine karşı uyarırım. Bu, kuantum kütleçekimine gitmesi mümkün bir yolda doğru bir adım olabilir ama henüz kapısına varamadık. Bir kere, Planck ölçeğinde deney yapmamız mümkün olmadığından bu görünüşün gerçeklikle ilgisinden emin olamayız.

Kuantum geometrisinin ağlar cinsinden görünümü hâlâ geliyor ve hâlâ çözülecek çok büyük problemler var. Açık olan problemlerin en hafifi olmayanlardan birisi bunu kuantum kütleçekimine olan diğer yaklaşımların –en başta sicim kuramı– sonuçlarıyla birleştirilmesine bir yol bulunması. Bu değişik incelemeler, son sentezde kuantum kütleçekimin tamamlayıcı yanlarını, her biri belli roller oynayarak ortaya çıkartmış olabilirler. Her neyse, sanırım bu olanağın olasılığı, bu yaklaşımlardan birisinin ya da diğerinin bayağı doğru, ötekilerin ise gerçekten yanlış olmasından fazla. Görünüşe göre, hem sicim kuramı hem de spin ağı resminin bize kuantum kütleçekim alanının bir boyutlu nesnelerle betimlenmesi gereğini söylemesi gerçeğinden başlayarak, bu değişik yaklaşımlar arasında kesinlikle bağlantılar olması gerekiyor. Koskocaman ve karmaşık bir ağdaki bir ilmek, aynı olgunun, karşımıza sicim kuramının düzgün uzayzaman geometrisinde devinen bir cisim olarak betiminin yakından görünüşü olarak çıkabilir. Ya da çıkamaz, bunu ancak gelecek söyleyebilecek.

5. Bölümde betimlediğim gibi, kütleçekimin kuantum kuramı olabilmek için sicim kuramının kendisi yeni ilkelere gereksinmekte. Çözmesi gereken ana problem ise, sicimlerin sabitlenmiş bir

ardalan uzayında devindiği bir resme bel bağlanılmasından nasıl kurtulunacağı. Leibniz'in uzay ve zamanın ilişkisel felsefesinin, genel göreliliğin tamı tamına bunu becermesini nasıl mümkün kıldığını görmüştük. Sicim kuramı, eğer başaracaksa aynı dönüşümden geçmek zorunda olup sırf ilişkilerin bir kuramı olarak yeniden yapılanmalıdır.

Dolayısıyla Leibniz'in felsefesinden doğan ilkelerin, tam da sicim kuramının gereksindikleri olduğunu saymak için neden var. Dahası diyagramlar ve düğümler, sicimler arasında bulunabilecek mümkün ilişkilerin görünümleridir. O zaman da sicim kuramı, mutlak uzay ve zamanın kalıntılarını fırlatıp atmakta başarılı olursa burada betimlediğim resmin ayrıntılı şekli gibi bir şeye benzeyecektir.

Kuantum kütleçekimine değişik yaklaşımlar arasındaki ilişkiler sorununun ötesinde, önümüzde; uzayın geometrisini, uzay *ve zamanın* doğru bir kuantum görünümüne genişletmekten daha ürkütücü bir sorun yok. Buna ilişkin her ne söyleyebileceksem gelecek –ve son– bölümde sunacağım.

ZAMANIN EVRİMİ

Eğer düş gücümü zorlarsam, uzayın temel bir şey olmayıp sırf nesnelerin örgütlenme ve ilişkilenme şeklini yaklaşık bir şekilde betimlemek üzere ortaya çıktığına hemen inanmaya başlayabilirim. Sıcaklık işte böyle bir beliren özellik olup atomlar düzeyinde hiçbir anlamı olmayıp, engin bir molekül topluluğunun ortalama enerjisinden ibarettir. Son bölümde betimlediğim manzaraya göre uzay böyle bir şey; sırf bir ağın düğümleri ile ayırtları arasında-ki ilişkileri bulunduran bir temel düzey var. Bu ağlar uzayda var olmaz; bunlar sadece var. Uzayın geometrisini uygun koşullar altında işte bunların bağlaşımlarının ağı tanımlıyor; tıpkı içindeki moleküllerin hoplayıp zıplayıp dans etmelerinin bir santimetre-küp havanın sıcaklığını tanımlaması gibi. Planck uzunluğundan çok daha büyük ölçeklerde ağ sürekli bir geometri olarak algılanıyor, tıpkı gömleğimin kumaşının iplikler ağından dokunmuş olması gibi. Belki, sadece belki evren böyledir.

Peki ya zaman? Zaman da daha temel bir düzeyden beliren¹ bir şey olabilir miydi? Bu düzeyde zamanın da değişimin de olmaması mümkün mü?

Leibniz ve Einstein'ı izleyerek zamanın değişimden başkaca anlamı olamayabileceğini kabullenecek kadar ilerledik. Mutlak bir ölçüsü yok. Evrenin duvarında kristalden bir saat EVRENSEL DOĞRU ZAMANI tıkırdayıp durmuyor. Bunun doğruluğu kesin. Ama bu ilişkisel zaman hâlâ bir tür zaman, değişmenin içine çakılmış, ama öyleyse değişme de gerçek bir şey olmalı.

Zaman ve değişmenin kendilerinin birer yapı olup olamayacaklarını merak etmek bütün bütüne başka bir şeyken, evrenin bunların hiçbir rolü olmayan temel bir algılanma yolu olabilir mi ki? Kişisel olarak benim düş gücüm değişmesi ve zamanı olmayan

¹ Emergent -yn.

bir evren karşısında yılıyor. İnsan zihninin düşleyebileceklerinde gerçek bir sınır olup olmadığını bilmiyorum, ama bu soru üzerinde düşünmek beni kendi zihnimin algılama yollarının ya da dilinin sınırlarına istediğimden daha çok yaklaştırıyor.

Kuantum kozmolojisinde zaman problemi zor çünkü bizi bunun kesin sebebi zaman ve değişimin sanrı olma olanağıyla karşı karşıya getirir. Çünkü zamanın bir değişme ölçüsünden başka bir şey olmadığı kavrayışını genel görelilikten kuantum evrenine açmak zor görünüyor. Eğer bunu yapamazsak en temel düzeyde zaman ve değişme için kelimeleri olmayan bir dille betimlenen bir evrenle anlaşabilmek durumunda kalırız.

Şüphesiz zaman ve değişimin sanrı oldukları fikri çok eski olup belli kimseler için hep çekici olmuştur. Zıt görüşün, yani zaman, değişme ve yeniliğin gerçek olmasının da benzer uzunlukta bir geçmişi var. Dolayısıyla riskleri de az değil; kuantum kozmolojisi, hangi zaman felsefesinin bilime katılacağını, hangisinin de tarih olacağını kararlaştırılacağı arena olmakta.

Zamandan kaçmak için niye bir dürtü olduğunu anlamak kolay. Daha büyük bir zalim olamaz. Hiçbir şey bizden zamanın alıp götürdüğünden daha değerli bir şeyi, geçmişimizi alamaz. Bizden de, zamanın ebediyen erişilemez kıldığından daha çok edinmek istediğimiz bir şey esirgenmiş olamaz: geleceği bilmek! Çok uzak gelecekte olmayacağını umduğum bir çağda insanlar kuantum kütleçekimindeki zaman probleminin yanıtını anlayacaklar, ama eminim ki şu sıralarda yaşayan hiç kimse bilmiyor. Öyleyse şimdi anlatacağım öykü çözümsüz bitecek, tıpkı eski moda bir radyo tiyatrosu gibi.

Kuantum mekaniğinin kurucuları genel göreliliği biliyorlardı. Gene de kuantum mekaniğini icat ettiklerinde, zamana ilişkin Einstein'dan öğrendikleri her şeyi bir yana bırakmayı seçmişlerdi. Kurdukları kuramın köktenliği, gerçekliği betimlemesinin birçok yönü bakımından soluk kesici. Ama bu egemen olduğunda, zamanı Newton'ın mutlak zaman kavrayışı olarak değiştirmeden ele alışı düş kırıklığı yaratacak kadar tutucuydu.

Newton fiziğinde de kuantum mekaniğinde de, zamandaki değişimin ona göre ölçüldüğü mutlak ve evrensel bir zaman var. Bu zaman, incelenen sistemin dışında kalan ve sistemin kendisine

olan hiçbir şeyden etkilenmeyen bir saatle ölçülür. Tıpkı bir Newtoncu parçacık gibi bir kuantum sistemi de zamanda belirlenimci bir şekilde evrilir. Bu sırada da bir yol izler, ancak uzayda değil sonsuz boyutlu bir durum uzayında. Durum uzayındaki başlangıç noktasını ve parçacıklar arasındaki kuvvetleri bilirsek bu yol bütün zamanlar için tamı tamına belirlenmiş olur, tıpkı bir parçacığın Newton mekaniğindeki yolu gibi.

Kuantum kuramı ile göreliliği bir araya getireceksek bu zaman ve değişme kavrayışını, görelilik ve kozmoloji için doğal olanıyla değiş tokuş etmenin bir yolunu bulmalıyız. Kuantum kuramına, bir dış gözlemcinin varlığına dayalı olmayan bir ilişkisel zaman kavramı getirmenin bir yolunu bulmalıyız.

Bu, kozmolojinin zaman sorununu çok zor yapan, gerçekten can alıcı nokta. İncelediğimiz sistem kozmosun bütünüyse, evrenin dışında bir gözlemci olmadığına göre evrenin içinde bulunmayan bir saat de olmamalı.

Dördüncü Kısımda vurguladığım gibi, görelilik kuramı bize zamanın sözünü edeceksek evrende bir yerde bulunan bir fiziksel saate başvurmak gerektiğini söylüyor. Zamanın yalnızca olan şeyler arasındaki ilintiler cinsinden ve o saati okuyarak sözü edilebilir.

Fakat saat ne ola? Saat en temel düzeyde, evrenin öngörülebilir ve düzgün olarak çalışan bir alt sistemi olup görünümü, farklı anları ayırt etmeye yarayacak böylece de evrendeki her şeyin değişmelerini buna kıyasla ölçebileceğimiz bir gösterge olarak kullanılabilecektir. Elbette mükemmel bir saat yok. Zamanı saatlerle ölçülme yoluyla tanımlamakta ısrarlı olduğumuzda, kavramı biraz bozuyoruz. Ama bu baş edebileceğimiz bir durum; zamanın pasaklı bir tanımı hâlâ yararlı. Çok daha beteri, temel yasalar onları anladığımız şekliyle ele alındıklarında bir saat işlevi görebilen bir şey içermeyen evrenleri kolayca düşleyebilecek olmamız. Örneğin ısı dengedeki, atomlarının rasgele devinimleri dışında hiçbir şey olmayan bir evrende saat olamaz. Saat olarak kullanılabilecek kadar öngörülebilir hiçbir ögesi bulunmayacak kadar karman çorman evrilmiş veya düzensiz bir evrenin de, alt sistemlere ayrılmayacak kadar küçük ya da çok basit bir evrende de bir saat bulunamaz.

Öyleyse saati olan bir evren, bir ölçüde örgütlenmiş olup, durağanlık ile karmaşa sınırının bir yerinde bulunmalıdır. Evren dengeye erişme tehlikesi olmayacak kadar –yoksa mikroskobik düzeyde karman çorman, tüm daha büyük ölçeklerde ise durağan olacaktır– dinamik olmalıdır. Ama ayrık alt sistemlerinin teşhis edilebileceği, öngörülebilir ve basit şekilde evrilebilmesine yetecek düzeni koruyacak kadar da örgütlenmiş olmalı. Dolayısıyla her tutarlı kozmoloji kuramının yalnızca karmaşık ve denge dışı bir evreni betimleyebileceği sonucuna geliyoruz.

Bu önemli bir ders. Ama iki ağızlı, çünkü nasıl doğrudan çözeceğimizi bilmediğimiz bir probleme götürüyor. Saati olacak kadar karmaşık bir evrende hemen hemen kesinlikle saat olarak kullanılacak pek çok değişik şey vardır. Bizim evrenimizde de zamanı ölçmekte kullanabileceğimiz kesinlikle çok sayıda süreç bulunuyor. Sorun şu ki evrenin zamanla nasıl değiştiğini tartışmak için bunlardan, herhangi birini kullanabiliriz. Zamanın ilişkilerden başka bir şey olmadığına inanıyorsak bunların her biri zaman ölçüsü olarak işe aynı derecede iyi yararlar.

Einstein'ın genel görelilik kuramı zamanın böyle çoğulcu kavranışını kolaylıkla içine alır. Buna *görelilik* kuramı denmesinin sebebi bu değil miydi? Evrenin evrimini canımız hangi saati isterse onunla ölçeriz. Sonunda asıl ne olduğuna ilişkin hiçbir soru hangisini seçtiğinize bağlı olmayacak.

Şimdi karşılaştığımız kilit soru, böyle çoğulcu bir zaman kavranışının kuantum kuramında gerçekleştirilip gerçekleştirilemeyeceği. Şimdiye kadar kimse bunu yapmanın yolunu bulamadı. İnsanlar kuantum kütleçekimin büyük çabalarla, zamanın sistemdeki saatlerden birisiyle tanımlandığı kurgularını yapmayı becerdi. Ama sonuçta aslında ne olduğuna ilişkin sorularının tüm yanıtları kuantum kuramında zamanı tanımlarken hangi saatin kullanıldığına bağlı görünüyor.

Bu problemin ortaya çıkma yollarından birisi bir gözlemci ölçme yaparken kuantum durumuna ne olduğunu betimlemeye çalışmaktan gelir. Kuantum kuramı bize, bir sistemi gözlerken gözlemin yapıldığı anda sistemin durumunu değiştirmemiz gerektiğini söylüyor. Ama farklı gözlemciler ölçmeler yapılırken belirtmek için farklı saatler kullanıyorsa farklı kuantum durumları hakkında konuştuklarını sanacaklar.

Bu da, mümkün tüm saatleri kabullenen bir kuramın, 20. Bölümde betimlediğim türden çoğulcu bir kuantum kuramı olmasını gerektiriyor. Farklı kuantum durumlarının evrimleri hakkındaki uyumsuzluklar, bu şekilde sadece başka başka gözlemcilerin, farklı kuantum durumlarında temsil edilen farklı bilgiler edinmesinin bir yanı oluverir. Önceki gibi, bu zorlanma, tüm bu farklı gözlemcilerin aralarındaki ilişkilerin anlamlı olduğundan emin olabilmektedir; öyle ki evren yeterli uyumluluğu korurken belli bir yaklaşıklıkla klasik uzay ve zaman diliyle betimlenebilsin.

Böyle bir önerinin başarılı olup olamayacağını söylemek için çok erken. Ama altını çizeyim ki bu ancak, evrende doğru bir karmaşıklık ve düzen dengesi varsa işe yarayabilir. Değişik gözlemcilerin, evrene ilişkin değişik görüşleri birbirlerinden tamamen ayırt edilebilmelerini sağlama bağlamak için yeterli karmaşıklık olabilir. Öte yandan da, farklı gözlemcilerin aynı evrenden söz ettiklerinden emin olmalarını sağlayacak kadar düzen olmalıdır. Böylece bir kuantum evreninin, düzen ve çeşitlilik arasında dengelenmiş bir kendi kendini örgütleyen bir evren olması kavranışına yeniden yönlendirilmiş oluyoruz.

Tutarlı tarihçeler kurulumu, zamana böylesi bir çoğulcu yaklaşımı da ifade edebilir. Çünkü evrenin farklı saatlerle ölçülen zamana göre nasıl evrilir görüldüğüne karşılık gelecek şekilde, değişik tutarlı tarihçeler takımları seçilebilecektir. Bu, bu türlü bir yaklaşımın bir yeğinliğidir. Yorumun tarihçeler kavranışı çevresinde olması, zaman ve değişmenin kuramın dili içinde kurulu olması demektir. Burada anahtar öğeler, zamanın genel görelilikteki çoğulcu betimi kuantum kuramından elde edilebilecekse, gene evrende bulunması gerekli karmaşıklık ve düzenin dengelenmesidir.

Tüm bu yaklaşımlar saatlerin ölçtüğü zamanın temel olduğuna işaret etmektedir. Ama kuramın saat bulunmayan evrenleri de betimlemesi için bir olanak varsa bu evreni betimleyecek en temel dil olmayabilir. O zaman da kuantum kozmolojinin yorumu için zaman ve değişmenin anlamı olmasını varsaymayan bir dil olup olmadığını sorabiliriz.

Zaman problemine böyle bir yaklaşım Julian Barbour tarafından geliştirildi; son yıllarda saatle ölçülen şey olarak zaman kavramının kütleçekimin kuantum kuramında işe yaramayacağını

savlıyordu. Bunun yerine kuantum kozmolojisine, içinde zamanın hiçbir temel rolü olmayan köktenci bir bakış önerdi. Öneri basitliğin ta kendisi. Buna göre, her ne varsa –evren– anların koskoca bir topluluğu. Her an, evrenin bir enstantanesi, nesnelerin basit bir konumlanması. Tüm bu anların birikimine yığın adı veriyor. Yığın muazzam sayıda an içeriyor. Ama değişik anların zaman sırasının hiçbir anlamı yok. Oldukları gibiler. Evrenin kuantum durumunun yalnız bir işlevi var: verilen bir anın bu birikimde bulunma olasılığını vermek.

Bu kavrayışta fiziksel yasanın hepsi tek bir tür soruya indirgeniyor. Tanrısal bir varlık yığına uzanıp bir an çekiyor. Bu gelişigüzel seçilmiş anın belli bir özelliği olmasının olasılığı nedir? Bunu betimlemek için bizim bir zaman ya da değişme kavramına gereksinmemiz yok. Zamanda değişen bir şey yok çünkü zaman yok; bütün yığın sadece var ve de var olanın hepsi bu.

Öyleyse niye zamanın var ve kendimizin de değişmekte olduğu izlenimimiz var? Siz ve ben beş dakika önce buradaydık, falan. Barbour'un fikrine göre, her an –diyelim, *bu*– kendi başına bir varlık olup değişmez. Zamana inanıyoruz çünkü evrenimiz çok özel bir şekilde yapılanmış. Her an, diğerlerinin de var olduğu izlenimini verecek gibi yapılanmış. Anılarımız var ve de çevremizde hep, geçmişte olmuş olduğunu söylemek isteyeceğimiz, sırf başka anlara ilişkin olarak yorumlanabilecek gibi deliller görüyoruz. Barbour, evrenin “zaman kapsülleri” –bir anın kurulumunun diğer anları anlatan yanları– ile dolu olduğunu söylemeyi yeğliyor.

Bize partilerde çekilmiş bin adet resimle dolu bir kutu vermiş olsunlar. Bunları zaman sırasına dizmemiz istendiğinde bunun her zaman mümkün olmayacağı besbelli. Bin farklı partiden birer resim olabilir. Bu durumda bunları sıralamak olanaksız, hepsinin aynı anda çekilmiş olduğunu bile düşünebilirdik. İşte Barbour'un, yığının genel durumuyla ilgili düşünmemizi istediği bu. Ama resimler doğru bir düzen ve çeşitlilik bileşimindeyse bunları dizebiliriz. Hep aynı insanları göstermek zorunda değiller, partilere gelen giden çok olabilir. Ama sıraya dizeceksek birçoğunda kişiler ortak olmalı. Bu bilgiyi resimlerden edindiğimiz diğer ipuçlarıyla birlikte –şüphesiz biraz da partilerin evrimine ilişkin kuramlarımızdan bildiklerimizi– kullanırsak resimlerin büyük bir kısmı–

nı sıralayabiliriz. Sıralama mutlak olmayabilir, yerleştiremeyeceğimiz birkaçı kalabilir. Birisinin Florida gezisinden resimler, saklamış olduğumuzu sandığımız çılgın Yeni Yıl partisinininkilere yanlışlıkla karışmış olabilir. Ya da başına ve sonuna doğru diziyi iyice sıralamamıza yetecek kadar hareket olmayabilir. Ama düzen ve çeşitliliğin doğru bir karışımı varsa, tek bir partinin akışını resimlerden üç aşağı beş yukarı çıkarabiliriz.

Barbour'a göre evren işte böyle. Bir anlar, enstantaneler topluluğu ile çoğunu üç aşağı beş yukarı sıralayabilmemizi sağlamak için doğru bir düzen ve çeşitlilik karışımı ve yeterli karmaşıklık. Bunu yaparak, yaklaşık olarak bir "zamanda evrilen tek bir evren" kavrayışı elde ederiz.

Zamanın temel olmaması, yeğin bir, ısrarlı ve sürekli zaman duygumuz olmasını engelleyemiyor. Çünkü bu duygular beynimizin şimdiki durumunun parçaları. Barbour'un kuramına göre, bizim zamanın varlığına inanmamız, evrenin belirli bir durumunun rassal bir özeliği olup, Einstein denklemlerinin de Newton yasalarının da daha temel olan kuantum betimin iyi bir yaklaşıklığını verdiklerini yansıttıkları gerçeğini gösteriyor.

Böylece Barbour'un kavrayışı, evrenin kuantum durumu bakımından eğer olası evrenler kutudaki resimler gibiyse işe yarar. Dolayısıyla çok büyük bir olasılıkla şimdiki anlarımızdan, yığında beş dakika önce burada bulunduğumuza ilişkin bir an bulunduğunu çıkarsayabiliriz. Ama tam anlamıyla emin olamayız. Daha kozmolojik sorular sordüğümüzda –örneğin klasik fiziğin otuz milyar yıl önceki evreni görmüş olacağı biçime karşılık gelen bir yapı bulunma olasılığı gibi– ise olasılıklar yüzde yüzden hatırı sayılır ölçüde küçük olabilir.

Demek ki zaman, bu kurama göre sıradan nesneler için işe yeterince iyi yarayan yaklaşık bir kavramken, evrenin ya da çok çok küçüklerin ölçeklerini düşündüğümüzde pek yararlı olmuyor.

Bu bakış bizi, üzerinde durduğumuz problemlerin dışına çıkarıyor. Barbour'un söyleyebileceği sadece farklı kuantum saatleri uyuşmamaya başladıklarında bütün olan şey zamanın uygunsuz bir kavram haline gelmesidir. Bunu ancak bir bedel karşılığında söyleyebilir. Gene de bu bedel ilginç ve kafa yormaya değer.

Temel olduğunu düşündüğümüz bir kavramın yokluğunda çalışmanın besbelli bedelinin yanı sıra, diğerleri gibi Barbour'un

önerisinin de yalnızca evren yeterince karmaşıksa işe yarayabilmesi çok ilginç. Eğer çevremizde bize başka zamanlardan söz edecek yapılar yoksa, onun önerisinde zamandan söz etmemizin bir anlamı olmaz. Zamanın yararlı bir kavram olması için evrenin, her bir anın diğer anlar hakkında öyküler anlatabilmesine yetecek kadar karmaşık olması gerekir.

Kuantum kozmolojisine ilişkin üç farklı çeşit öneri üzerinde durdum. Çoklu evrenler ve yerine geçen tutarlı tarihçeler yorumu ve de Barbour'un yığın önerisi. Bunlar birbirlerinden çok farklı olup sonunda birisi doğru çıkacaksa bunun hangisi olacağını kesinlikle bilmiyoruz.

Kuantum kozmolojisindeki zaman problemine, bu vargıya götürmeyen bir sürdürülebilir yaklaşım olmadığı görülüyor. Ama doğruysa, o zaman bu, evrenin Newtoncu, atomcu kavranışına gelen bitirici darbe olmalıdır. Eğer zaman, saatler ve zaman kapsülleri bulunduracak kadar yapılandırılmış bir evren gerektiriyorsa o zaman en basit bir fiziksel süreçten bile –örneğin tek bir parçacığın bütün evrenin yapısına en azından örtük olarak gönderme yapmadan devinimi– söz edemeyiz. Evrendeki nesneler temel varlıklardan oluşmuş olabilir, ama artık bunların özelliklerinin birbirlerinden ve evrenin topluca yapısından ve tarihçesinden bağımsız olduğu bir evren görüşünü ciddiye almak mümkün değil.

Dolayısıyla görünüşe göre, karmaşık bir evreni betimlemiyorsa kuantum kozmolojisinin mantıksal tutarlılığı olamaz. Ama bunun çok kuvvetli bir sonucu var. Bu demektir ki kuram, evrenin niçin karmaşık olmak gerektiğini de bir şekilde açıklayabilmelidir. Bir kozmoloji kuramı eğer kendi kendisiyle tutarlı olacaksa, evrenin bir kendi kendini örgütlenme kuramı olmak zorundadır.

Kütleçekimin kuantum kuramının evrenin bir kendi kendini örgütlenme kuramı olması tam bir çılgınlık gibi geliyor, ama zaten bunu ikinci kısımda en az bir örnekle görmüştük. Orada, kara deliklerde olanların, evrenin doğrudan kendisini doğal seçim ilkeleri uyarınca yapılandıran bir evrene götürdüğüne ilişkin iki basit varsayım görmüştük. Bu varsayımlar eğer doğruysalar kütleçekimin kuantum kuramının sonuçları olmalılar. Öyleyse kendi kendini örgütlenme düzeneklerinin kütleçekimin kuantum kuramının içinde yapılanmış olması olanaksız değil.

Bu beni, bu kitabın en son fikrine getiriyor. Kendi kendini örgütleyen bir evren, artan örgütlenme dereceleriyle ayırt edilen ardışık yapılar sırasıyla evrilmelidir. Bu gözlenebilir bir özelliktir. Örgütlenmenin, farklı çağları birbirinden ayırt edebilen nesnel ölçülerini tanımlayabiliriz. Sonra da örgütlenmenin ya da karmaşıklığın bir ölçüsünün bize değişmenin, evrenin farklı yerlerindeki farklı gözlemcilerin üzerinde anlaşılabilmelerine yetecek kadar sağlam bir ölçüsünü verip veremeyeceğini, sorgulayabiliriz. Öyleyse, örgütlenmenin böyle bir ölçüsü evrensel zamanın anlamlı bir ölçüsünü sağlayabilir. Dolayısıyla evrenin kendi kendini örgütlemiş olması fikri yalnız zaman problemini evrenin saat oluşturacak kadar karmaşık olduğunu anlatarak çözmekle kalmaz, bunu edindiren sürecin kendisi bir saat sağlayabilir.

Bu gözle bakıldığında kendi kendini örgütlenme ilkesini kullanma fikri, İkinci Kısımda yaptığım belli önerinin –kozmozolojideki doğal seçim ilkesi gibi– yazgısı ne olursa olsun neredeyse zorunlu görülüyor. Ama bu, sırf tutarlılık için gerekliyse kozmozolojinin kuantum kuramı geliştirildikten sonra artık onun içine yerleştiremez. Zaten bir şekilde o kuramın ilkelerine içkin olmalı. Dahası, elde doğal seçilimin dışında, üzerine bir kendi kendini örgütlenme kuramı dayandırılacak pek bir seçenek yok. Şüphesiz şimdilik farkında olmadığımız ilkeler de olabilir, ama hiç olmazsa şimdiye dek bilimin incelediği ve olağanüstü olasılıksız olasılıklı kılma gücü olan tek kendi kendini örgütlenme ilkesi doğal seçim yoluyla evrim oldu. Öyleyse, kendi kendini örgütlenmenin doğal seçilimin benzeri olan süreçler yoluyla, gerçekten de şimdiye kadar kozmozolojinin kuantum kuramını onsuz bir türlü kuramadığımız eksik parça olması niye mümkün olmasın? Gelecekte çağımızın büyük bilimsel devriminin tarihi yazıldığında evrenimizi düzenleyen ilkeleri gösteren üç koca beynin, Einstein, Bohr, hele de Darwin olduklarını söyleyebilmek mümkün değil mi?

Bu nedenle, uzay, zaman, kozmozoloji ve kuantum hakkında betimlemiş olduğum savlar bizi kitabın başlarında üzerinde durduğumuz sorulara geri götürüyor. İlk bölümlerde evrenin muazzam ve olasılık dışı örgütlülüğünün çapını gördük. Son bölümlerde ise bu olasılıksız örgütlenmenin gerekliliğini gördük.

Her şeyi bir araya getirirsek, böyle bir kozmoloji kuramının, bize en sonunda burada, evrende ne işimiz olduğuna ilişkin bir şeyler söyleyebilme olanağı olduğunu görebiliriz. Saatleri olacak kadar karmaşık ve kozmolojinin bir kuantum kuramıyla betimlenebilen bir evren yaşama yer verebilen bir evren de olabilir. Dördüncü Kısımın bir sonucu, Einstein'ın genel görelilik kuramının ilişkisel diliyle betimlenebilecek kadar karmaşık olan bir evrenin ısı dengede olamayacağı idi. Ama aynı zamanda da yalnızca çok özel evrenlerin evrensel ısı ölümünden ebediyen kaçınabileceklerini de görmüştük.

Erken bölümlerde gördüğümüz gibi, koşulları ve parametreleri onu yıldızlarla dolduracak gibi ayarlanmış bir evren, içinde yaşamın varoluşu için gerekli koşulların çoğu yerine getirilmiş bir evrendir. Örneğin görünüşe göre, karbon evrenin en erken dönemleri dışında tüm çağlarında yıldız oluşumunun bolluğu için gerekli. Böylece görüyoruz ki yaşamın varlığını özel ya da gerekli bir koşul sayma gereksinimi yoksa, evrenin, Leibniz'in yeterli neden ilkesiyle tutarlı, tam anlamıyla akılcı bir açıklaması olma zorunluluğunun ta kendisinin evrende niçin yaşam olduğunu açıklayabilmesi için köprülerin altından çok su geçebilir. Çünkü uzay ve zamanın ilişkisel kavranışlarına dayanan bir kuramın tutarlılıkla şekillenebilmesini sağlama bağlamak için gerekli görünen koşullar, aynı zamanda kendi varlığımız için olmasını istediğimiz koşullar olmakta.

Bu öykünün sonuna gelmedik ama yolun şimdiye kadar keşfedilmiş olduğu yere vardık. Önümüzdeki kısmı açık, ama diğer bilim dallarında olduğu gibi kozmolojide de doğru yol üzerinde olup olmadığımızı, yolu bütünüyle yürümeden gerçekten bilemeyiz. Burada bütün yaptığımın, görünüşte yalnız birbirleriyle ilgi kurabilen takım takım sahte ipucunu döşemek olması mümkün. Fakat durum bu değilse, o zaman betimlediği evrenin bizler gibi canlıların varoluşuna elverişli olduğu anlaşılan bir kozmoloji kuramına eriştik demektir –tabii en sonunda bir kuantum kozmoloji kuramına varıldığında, bu tür bir usavurmanın güvenilirliği kanıtlanırsa. Ancak böyle olması, evrenin zihinlerimizde ya da diğer bir gizemli veya metafiziksel nedenle yaratılmış olduğundan hatta kesinlikle kendimizin evren için özel bir gereklilik ya da önem taşımasından da değil; sırf, canlı sistemlerin akılcı kavranışa ta-

mamen açık her bir evrenin geçmişi olan çok daha büyük kendini örgütlenme ve kendi kendini yapılandırma desenlerinin yan ürünleri olarak var olduklarından dolayı.

Büyük Hindu destanı *Mahabharata*'nın Peter Brook uyarlamasında, bilge kral Yudiştira, bir Tanrı'nın evrendeki en büyük harikanın ne olduğuna ilişkin sorusunu, ailesinin ölüm cezası tehdidi altında yanıtlamak zorundaydı. Yanıtı şöyle oldu: *"Ölüm her gün vuruyor; ama biz gene de ölümsüzmüşüz gibi yaşıyoruz. İşte bu en büyük harika."* Ve ... evet, harikaların en büyüğünün, kendimizi böyle –yani içindeki her şeyin, Dünya'dan yıldızlara ve gökadalara ve gerçekten çevremizde gördüğümüz, yaşayan ve zamanla sınırlanmış, aynı zamanda daha yeni çözmeye başlayabildiğimiz sonsuz türde ilişki yoluyla, şimdiye kadar kendimize düş kurma izni verdiğimiz her şeyden, belki henüz ölümsüz değilse de– çok daha yaşlı ve çok daha zengin olan bir düzen ve uyumluluğu açığa vurucu bir evren içinde bulmamız mümkün olamaz mı?

*Sanatta modernliğin amacı eski evi yakmaksa,
postmodernliğin yaptığı şey artakalan ufak, yalazlı
parçalarla oynamak. Kış geldiği düşünülürken
pek çocukça bir şey.*

—Saint Clair Cemin

Sonsöz

EVİRİMLER

Başka ne paylaşırsak paylaşalım hepimiz yirminci yüzyılın, bu en sürprizli, en şiddet dolu ve de en umutlu zamanlarının çocuklarıyız. Bu devirde, geçmiştekinden çok daha fazla insan vahşice öldürüldü, ama ilk kez sanat, siyaset, bilim, popüler kültür ve ticaret bu devirde uluslararası oldu. Gene bu devirde ilk kez herhangi bir yerde, kentte, havaalanında, tren kompartımanında ya da kendisini kamp alanında sırf bir ülke, bölge ya da kentin değil bir gezegenin sakini gören insanlarla karşılaşmak mümkün. Bu kararsız devir kesinlikle insanlığın yavaşça, ama belki o kuru hayalin olup olabileceğinden sınırsızcasına çok daha çeşitlenmiş, daha ilginç ve evet, daha umut veren bir yeni evrene –kesinlikle bir ütopyaya değil– doğacağı bir geçiş anı.

Peki, o evrenin sakinleri bizim zamanımıza baktıklarında ne görecekler? Geçişin işaretleri kesinlikle her yerde, ama belki de en açık seçik zamanımızın sanat ve entelektüel edimlerinde birçok başka şeyde kendilerini gösteriyorlar: Picasso’dan gerçeküstücülere resimlerde, Stravinski’den Pert’e müzikte, Martha Graham’ın danslarında, Wittgenstein’in karşıt felsefesinde, Gödel teoreminde, modern topolojide, edebiyat ve tiyatrodaki, moleküler biyolojide ve Margulis ile Lovelock’un uzgörülerinde. Düşgücünün bu icatlarında ve birçok başka şeyde insanların evrende uyumluluk ve güzellik bulmak ve yaratmak için baktıkları yerlerde büyük bir

kayma görüyoruz. Ve de okuru, büyük geçişin işaretlerinin başka hiçbir yerde fizik ve kozmoloji kuramlarımızın tamamlanmamış ve çözüme erişmemiş durumundakinden daha açık okunamayacağına ikna edebilmiş olduğumu umuyorum.

Bu kitabın kozmoloji biliminden daha fazla bir şeyler söylemeyi amaçladığını –bu hevesi bile yerine getirmekte ne denli yetersiz kalmış olursa olsun– okur şimdiye kadar görmüş olmalı. Eğer özür dileyip işin bu şekilde başlamış olmadığını ve bu sayfaları yazarken aklımdan kaç kere Tanrı'ya gönderme yapmak, yahut santsal ya da siyasi gelişmelere değinmek geçip durduğuna epeyce şaşıtığımı söylesem okur bana inanır mı bilmem. Son olarak bana çalıştığım projenin en dip ironisini gösteren, bir arkadaşın uyarısı oldu. Böylece girişte Kopernik devrimine değinişim, toplum devrim getirme düşleriyle büyümüş, derken bunları bilimsel devrim düşlerine yüceltip sonra da dünyamızın altındaki yapının evrimin mantığında bulunabileceğine inanmaya başlamış bir çocuğun öyküsünü anlatıyor.

Doğrusu, bizler gibi kozmolojiyle uğraşanların düşündükleri türden fikirler ile, felsefe, sanat, ilahiyat ile siyaset ve sosyal kuram hakkında konuşulanlar arasında bağlantılar olduğuna gerçekten inanıyorum. Kampusta yürüyüş yaptığımda, meslektaşlarımın postmodern sanat eleştirilerini, kritik hukuk çalışmalarını, feminist bilgi kuramı, psikoanaliz kuramı ve süreç teolojisi üzerine konuşmalarını ya da sanat ve felsefe uzmanı dostlarımı geleneksel eylemlerinin geleceğini tanımlamaya çabaları sırasında dinlerken, çoğu kez mantığı kozmolojinin makul bir kuantum kuramını icat etmeye uğraşırken çalışma arkadaşlarımla boğuşurken düşündüklerimizi yansıtan savları işitiyorum. Böyle paralellikler kurmanın tehlikeli bir iş olduğunu biliyorum. Ama bu dostlarla ve meslektaşlarla ortak yanımızın ne olduğunu da biliyorum, hepimiz 1960'ların coşkun ütopyacılığında yaşamış gençliklere ve çok değişik Marksist ütopyacılığın çöküşüne ve bu düşün o insanlara zorladığı dehşetin açığa çıkışına tanıklık etmiş yetişkinliğimize bir anlam vermeye uğraşmaktayız. Hepimiz, tüketici kapitalizminin egemen olduğu bir Dünya'da, büyüyen bir çevre kriziyle, varsılla yoksul arasındaki açıklık artarken, kültürleri ve yaşamdan beklentileri kökten farklı insanlar arasındaki

çatışmalar kalıcıyken demokrasinin ne demek olabileceğini anlamaya çalışıyoruz. Hepimiz, çocukluğumuzdan beri beklediğimiz gibi, Dünya'mızın şiddet ve açgözlülüğün kasıtlı olmayan sonuçları yüzünden mahvolup olmayacağını ya da bütün gezegende yaşayan insanların şiddete değil karşılıklı saygıya dayanan tek bir toplum oluşturmayı başarma yolunu bulup bulamayacağımızı bekleyip duruyoruz. Belki de hepimizin şöyle ya da böyle, bütün bir evrenin betimini onun içinde kalarak dışındaki sabit yapılara, tek bir sabit görüşe de, mutlak zorlayıcılara da gönderme yapmadan kurmanın ne demek olduğunu anlamaya çalışmamız pek sürpriz sayılmaz. Ressam Donna Moylan'ın kelimeleriyle, "hepimiz varlığı sürdürme kozmolojileri kurmaya çalışıyoruz."

Bunun için -fizikte teknik bir husus hakkında nasıl yapılabildiğini bildiğim şekilde- ikna edici bir sav ileri sürebileceğimi hissetmeden inanıyorum ki eğer insanlıktan bir toplum dökmeyi başarabilirsek, bu en azından kısmen, bu son soruları ortaya çıkıtları -siyasetten sanata ve de kozmolojiye kadar- tüm alanlarda yanıtlama yollarını görebilmeyi becerebilmemizden dolayıdır. Bunun nasıl olacağını açıklamayı benden daha bilge olanlara bırakıyorum, ama sanırım Descartes ve Newton'ın icat ettikleri evren görüşünün Locke ve Hobbes'un tasarladığı ideal topluma hatırı sayılır derecede benzemesi pek raslantı sayılamaz. Atomların devinimlerinin bireyselliği, özelliklerinin Tanrıyla özleştirilen sabit ve mutlak bir yapıyla ilişkilerine göre tanımı, birbirleriyle hepsine eşit davranan mutlak ve değiştirilemez yasalar aracılığıyla etkileşimleri, bunların hem Newtoncu evreni hem de 18-19. yüzyıl Avrupasının serbest toplum idealini betimlemesi raslantı mı? Ya da, hem ortaçağ toplumunun hem de Aristotelesçi kozmolojinin mertebelenmiş -değişik düzeylere değişik yasalar uygulanan, merkezde Dünya ve en üst düzeyin doğrudan asal güdücü Tanrı'ya bağlıcaklı ve sonlu bir evren görüşüne dayanması? O sıralar kozmoloji önemliydi, sanırım önemliliği sürecek, hem o hem de toplum kendilerini hayal edilemeyecek şekillerde dönüştürseler bile.

Aynı zamanda, yanlış anlaşılmalardan kaçınmak için söylemek isterim ki ben entelektüel bir göreceli değilim ve de bilimi özgürce icat ettiğimizi ya da bilimsel gerçeğin resmi olarak bilim insanı denilen bizler arasında bir görüş birliği olduğunu düşün-

müyorum. Doğaya inanırım, üzerimizdeki başatlığına ve fantezilerimize ve kurgularımıza karşı gelmesine de. Hem modern sanatta ve toplumsal kuramda hem de kuramsal fizikte en büyük tehlikenin insanların görünüşte kendi disiplinlerinin doğayla teması sınırlanabileceğini kolayca düşleyebilmeleri olduğuna gerçekten inanıyorum. Fizikçiler ötesi olmayan kuramı, öyle sırf matematiksel oyunlarla, deneye başvurmadan icat edebilemezler –tıpkı sanatçıların eserlerini biçim, beceri ve güzelliğin gerektirdiklerine aldırmandan gelişigüzel üretmekte özgür olmadıkları gibi.

Daha da özgül olarak, gerçeğin keşfine götürmesi zorunlu bir bilimsel yöntem içeren yararlı bir anlayış yokken ve Einstein'ın dediği gibi kuramsal kavramlarımızın insan aklının özgür icatları olduğu doğruyken bilimin doğaya ilişkin doğruların keşfine götürmüş olduğuna ve de bunu sürdürdüğüne inanıyorum. Bu gerçeğin, doğa hakkında belli gerçekleri –azımsanamayacak bir kısmı da bizim onun parçası olmamız– hesaba katmayan herhangi bir *a priori* bilim kuramınca açıklanabileceğine inanmıyorum. Tekrar ediyorum bu benim halen geliştirebilmek için yeterince bilgeliğim olduğuna inanmadığım bir konu. Ama fikirlerimizin kültür ortamımızda geliştiği ve dolayısıyla bilimsel fikirlerle diğer alanlardan fikirlerin yakınsamasının beklenen bir şey olmasına karşın hatta bundan dolayı bilim işe yaramakta.

Belki de bilimin, belli bir yöntem ya da belli kurallar takımı olmadan işe yaramasının sebebi bunun –her bireyin, içtenlikle inandıklarını savunmak zorundayken, doğruluğun hatta kendi fikirlerinin önem ya da yararlılığının yargıcı olmadığını da tanıdığı– bir töreye dayanmasıdır. Deneyim bize, kendimizden ne denli emin olduğumuzu hissederek edelim, kimi anlarda ne denli akıllı olduğumuzu sanırsak sanalım doğa hep daha zekidir ve de herkesin bireysel edimi yalnızca diğerlerinin edimleri onları aşana kadar kalıcı olduğunu gösteriyor.

Öyleyse belki, bilimin toplum için önemli olmasının en önemli sebebi bu. Çünkü o, bu şekilde demokrasinin ne olduğunun keşfi için deneyin bir parçasıdır. Bilim ideal şekliyle bireyler arasında propaganda ya da zorlama olmadan oluşan bir uzlaşma ağıdır. Çünkü demokratik bir toplum zorlama ve şiddet olmadan birbirleriyle yaşayan bir bireyler topluluğu olarak tasavvur ediliyor.

Üyesi olma onuruna sahip olduğum araştırma merkezine baktığımda on sekiz değişik ülkeden yirmi beş bireyi ortak bir amaçla bir arada çalışırlarken görüyorum. Bunun gelecekteki insan toplumu için bir uzgörü olmasını umabilmek istiyorum. Dolayısıyla en sonunda bu yararlı bir fikir olsa da olmasa da evreni toplumun bir benzeri olan bir şey olarak görme fikri en sonunda yararlı bir fikir olsa da olmasa da, belki de en azından, bilim ve demokrasi projelerinin paralel gelişmesinde bulunup denenmesi gerekiyor.

Bunu söyleyerek şunu hatırlamak durumundayım ki bu kitabı, burada sunduklarımin bir bilim insanı olma şansı olmuş bir bireyin kendi görüşleri olduğunu ama –en azından şimdilik– ne delillerle yeğin olarak desteklenmekte ne de meslektaşlarımla geniş bir kabul görmekte olduğunu son bir kez vurgulamak isterim.

Son birkaç yıldır dostum Carlo Rovelli ile kuantum kütleçekim üzerine çalışmak için her yıl birkaç ayımı İtalya'da geçirmekteyim. Bu fırsatı şüphesiz değerlendirerek bir diğer toplumu tanımak için çevremi incelemekteyim. En çok meraklandığım şeylerden birisi Avrupanın farklı farklı kültürlerinin birleşik bir Avrupa düşünde nasıl birleşmekte olduğu. Bu geçişin derslerinden birisi –ki bunun önünde sonunda ulus-devletlerin evrensel tasfiyesini öngörececek bir deney olduğunu umabileceğimizi düşünüyorum– kültürün belli yanları kolayca kaynaşıp anında uluslararasılaşırken diğerlerinin inatla kendi dillerine bağlı kalmasının kapsamı. Belki, çevirmen istemeyen görsel sanatların devinimi kolay olduğundan çoğu kez uluslararası sanat şenliklerinde sanatçıların hangi ülkeden geldiklerini ayırt etmenin olanaksızlığı sürpriz değilken, çeviri gerektiren edebiyat ise ulusal kalıyor. Bu felsefe için özellikle doğru, çünkü çoğu felsefe kitabı için pazar çeviri yaptırmaya degecek kadar elverişli değil. Bu İtalya için ayrı bir özel durum, çünkü dünyadaki felsefecilerin çoğu İngilizce ve Almanca okuyabilirlerken çok azı İtalyanca okuyabiliyor.

İtalyan felsefecilerinin yirminci yüzyıl felsefesindeki geçişe başvurmalarının ilginç bir yolu var. Bundan, yeğin kuram ve zayıf kuram diye söz ediyorlar. Yeğin kuram, bu [20.] yüzyıldan önce filozofların can attığı şey olan, varoluş hakkındaki mutlak ve tam doğruları usavurmaya ve savlarla keşfetmek ve bunları bütünlükleriyle felsefe sistemlerinde ayrıntılandırmaktır. Zayıf kuram

ise Wittgenstein ve Gödel'in bize bunun olanaksızlığını öğrettiklerinden beri felsefecilerin yaptıkları.

Aynı şeyi farklı –Milan Kundera'dan ödünç aldığım– bir dille betimlemek istiyorum. Mutlak bilgiye eski ve başarısız girişmelerin ağırlığıyla şimdilerde geliştirmeye isteklendiğimiz tip felsefenin hafifliğinin zıtlıklarını göstermek istiyorum. Ağırlık hakkında Nietzsche de konuşmuştu, ebedi dönüş koşulmuş yeniliğin olanaksızlığıyla aşağı çekilen yaşamın ağırlığı. Nietzsche'nin de-ğindiği karanlık ve ağır oluş, kesinkes evrenin ısı ölümünün doğurduğu ağırlığın –kendisiyle birlikte yaşamın bu evrende kalıcı bir yeri olmadığını da ima ederek– yansımalarıydı. Böylece her sevinç –aslında her değişme– en iyisinden geçici olacaktır. Dahası Nietzsche yeniliğin olanaksızlığı hakkında kaygılanmakta haklıydı, çünkü zamanındaki fizikle bunun nasıl olabileceğini düşlemek bile gerçekten olanaksızdı.

Bundan daha da öte, eski mutlak arayışı ağırdı ve de bizi yeterince uzun süre aşağıya çekti. İma ettiği şey, bir durma noktası, bir son varış olduğu. Aslında bundan, durağanlığın anlamlılığına inanç, Newton'ın mutlak uzayı, mertebelenme, bilginin de toplumun da durağanlığı tutmekte.

İdeal toplumun betimine sırf düşünceyle varmanın mümkün olacağı fikrinden –aslında birkaç ayrı bir bireyin fikri– gelen ütopyacılığın da ağırlığını yeterince yüklendik. Ve de dehşetin ağırlığını ve bunun, mutlak bilgiye özel erişimi olduğuna insanların inandırıldığı herhangi bir sistemle ya da sistemlerle haklı çıkarılmasını da yeterince taşıdık.

Buna karşı da bilgiyi yeni arayışın hafifliğini dikmek istiyorum. Bu, evrenin bir ilişkiler ağı olduğu anlayışına, yani bir zamanlar mutlak olduğu düşünülenin artık hep evrime ve yeni görüşmelere açık olmasına ve evren hakkındaki tam doğrunun tek bir görüşçe kavranamayacağına, ama birkaç ya da birçok ayrı görüşün tümlüğünde yerleşikliğine dayanıyor. Şimdi anlıyoruz ki durağanlığın bir anlamı olmadığı gibi durağanlık da anlamsız. Bu yeni bilgi anlayışının eylemsizlik ilkesiyle aşılınmış olduğu ve uzayda değil yalnızca ilişkilerde yerleştiği söylenebilir. Bunlar da mutlak zamanda değil sadece ardılıkla, ilerlemeyle gelişiyor. Son olarak, özendiğimiz bu yeni evren görüşü, yaşama evrende has

ve anlamlı bir yer veren bir kozmolojiyi içerecektir. Yani sonuçta bırakmak istediğim görüntü yaşamın ışık¹ olması. Sebebi hem, fotonların biyoküreden geçerek enerji verdiği madde oluşumuz, hem de yaşam için temel olan şeyin ağırlıksız, ama yalnız desen, yapı ve bilgi olması.

En sonunda evrene yeni bakış her bakımdan ışık. Çünkü Darwin'in bize verdiği ve kozmosun bütününe genelleştirmeye can attığımız şey evren hakkında bilimsel ve mekanikçi, ama içinde yeniliğin ortaya çıkmasının –aslında yeniliklerin doğup durmasının– anlaşılabilirliği bir düşünme şekli.

Newtoncu evrenin eski görüntüsü bir saat gibi ağır, ısrarlı, durağan. Bu benzetmede insan hem belirlenimciliğin demir yumruğunu hisseder hem de bunun ardında, saatin durması tehdidini. Dahası bu hep bir dinsel görüntü olmuştur, saatin onu yapıp çalıştıracak bir saatçisi olmalı. Buna karşı, evren için insan yapısı bir şeye dayanan başka bir benzetme önermek istiyorum.

İçeriğiyle hiçbir ilgisi olmadığını düşündüğüm nedenlerle bu kitabı burada, gezegenin en büyük kentinde, ilk memleketimde bitirmek istedim. Birkaç hafta önce bir yürüyüşe çıktım, kitabı bitirirken kullanacağım bir benzetme arıyordum. Dışında duran bir saatçi tarafından değil, kendi elemanlarının bir evrim, belki de görüşmeler sürecinde yapılandığı bir evren için bir benzetme. Birden bire burada neyi niçin yaptığımı farkına vardım. Kenti sevmemin sebebi, tamı tamına odaklanmak istediğim kozmosun görüntüsünü yansıtmaması. Kent bir model, hem de hep beni çevreleyip duruyordu.

İşte şimdi düşlemeye çalıştığımız evren benzetmesi bu. Bunu evrenin saat gibi bir resmine karşı yerleştirmek istiyorum. Benzetme, evrenin bir kent olarak, eskiden yeninin yapılanması için sonu olmayan bir pazarlık ve yapılanma. Kenti bir birey yapmadı. Bir saat yapıcısı gibi bir kent yapıcısı yok. Eğer bir kent kendisini, bir yapıcı olmadan yapabiliyorsa, bu niye kozmos için de geçerli olmasın?

Dahası, bir kent, yeniliğin şiddet olmadan da kendisini gösterebileceği bir yer. Burada, devrim olmadan da süren, kendimizden

¹ Yazar burada İngilizce dilinin bir özelliğinden yararlanıyor. Kundera'nın kullandığı "hafif" kelimesinin İngilizcesi olan "light" aynı zamanda "ışık" anlamına da geliyor –çn.

daha üstün bir şeye eğilmeden, ama paylaştığımız evrenin yapıcılarını olarak birbirimizle sürekli yüzleştığımız bir gelişme süreci düşleyebiliriz. Onu hepimiz yaptık ya da hiç kimse yapmadı, ondan olmak ya da yapıcılarının birisi olmak hep aynı şey.

Demek ki bir Tanrı, kargaşaya düzeni zorlayan ama dışında kalan, gözeten ve yasak koyan pilot hiç yoktu. Üstelik Nietzsche de artık ölü. Ebedi yargı, ebedi ısı ölümü artık tehdit değil. Bunlar hiç gelmeyecek, cennet de! Evren hep burada olacak, hep farklı, daha çeşitlenmiş, daha ilginç, daha canlı, ama bütün karmaşıklığı ve tamamlanamamışlığıyla hep aynı evren. Ardında hiçbir şey, geçiş yapılacak mutlak ya da platonik evren yok. Çevremizde ne varsa Doğa o. Varoluş bütününüyle gerçek ve anlamlı nesneler arasındaki ilişkiler. Doğa yasalarından gelen her şey kendisini yapan bir evren. İnsan yasasından bekleyeceğimiz her şey aramızda pazarlık edeceklerimiz ve sorumluluk olarak üstleneceklerimiz. Bilgiden edineceklerimizin hepsi, ya kendi gözlerimizle gördüklerimizden gelecek ya da başkalarının kendi gözleriyle gördüklerinden edindikleriyle söyleyeceklerinden. Adaletten bütün bekleyeceğimiz, şefkat. Yargıçlar olarak yalnız birbirimizi görebilmeliyiz. Ütopya diye ne olabilecekse kendi ellerimizle yapacağız. Lütfen yeterli olsun.

Kozmolojik Doğal seçilimin Sınanması¹

Bu ekte, kozmolojik doğal seçim üzerindeki tartışmaları kurama karşı ileri sürülen bildiğim tüm savları ele alarak tamamlamak istiyorum. Birçok bilim insanı, parçacık fiziği ya da kozmolojinin bir parametresinin değiştirilerek daha çok kara delik üretilebileceğini öne sürdüler. En iyi belirleyebildiğim kadarıyla tümü başarısız oldu. Bunun sebebini açıklamalıyım. Bunun ardından da kurama karşı ileri sürülen bir takım eleştiri üzerinde duracağım. Son olarak da kozmolojik doğal seçilimin temel önermelerini evirecek birkaç öneriyi betimleyeceğim.

ASTROFİZİKSEL SINAMALAR

Bir gaz bulutunun önce yıldız sonra da kara delik olduğu yolda çoğunun başka yazgılara saptırıldığı birçok yol ayrımı bulunuyor. Kara delik olunacak yolda daha çok yıldız tutacak bir evrilme olup olmadığını görmek için bunları sırasıyla inceleyebiliriz. Bunu standart modelin bir ya da daha çok parametresini değiştirerek yapmanın bir yolu varsa, kozmolojik doğal seçilimin öngörülerine bir karşı örnek bulmuş oluruz. Yıldızların çoğu kara delik olmayı başaramadığına göre bunu yapmanın şansı yüksek olmalı.

İlk inceleyeceğimiz aşama yıldız oluşumunun kendisi olmalı. Yıldızların sadece küçük bir kesri kara delik olacak kadar kütleli olduğundan daha çok kara delik yapmak için iyi bir yol daha kütleli yıldızlar yapmak. Ne yazık ki yıldız oluşumunu, yıldızların kütle dağılımının belirlenmesinde tam anlamıyla hangi süreçlerin önemli olduğunu yeterli ayrıntıyla anlamıyoruz. Gene de bu süreçlerden birisinin, bütün yıldız oluşumu sürecini bozmadan

¹ Ne yazık ki bu kısım, evrenin genişleştirmesindeki ivmenin keşfedildiği 1998'deki durumu içermeyecek -çn.

nasıl evirileceğini anlamak kolay değil. Sorun şu ki parametreleri karbon çekirdeklerinin ya kararsız ya da yıldızlarda daha az bollukla üretilmesine götürecek şekilde istediğimiz gibi değiştirme özgürlüğümüz yok. Karbon yoksa içinde yıldızların oluşacağı dev molekül bulutları da olamaz. Bu da bir takım parametrelerde – proton, nötron ve elektron kütleleri ile elektromanyetik ve yeğin etkileşmelerin yeğinlikleri gibi– yapılabilecek değişikliklere sıkı sınırlamalar getirir.

Zayıf etkileşmelerin yeğinliklerini, süpernovaları engelleyecek gibi değiştirebileceğimizi zaten söylemişim. Ancak, bunun bedelinin ilk başta yıldız oluşumunu güden süreçlerin durdurulması olduğu görünüyor. Böylece bunun daha çok değil daha az kara deliği olan bir evrene götüreceği anlaşıyor. Her neyse, bir kara delik üretilcekse, kütesinin olabildiğince az olmasını isteriz ki kütlenin daha büyük bir kısmı başka yıldızlara ve de kara deliklere dönüşebilsin. Süpernovalar bu işi, mümkün en düşük kütleyle kara delik yapıp kütlenin kalanını dağıtarak çok iyi görüyorlar.

Bu sürece müdahale edebileceğimizi düşündüğümüz ikinci husus mümkün olduğu kadar çok süpernovadan kara delik çıkartmak. Bunun bir yolu kütle üst sınırının değerini düşürmenin bir yolunu bulmak. Okur bu sınırın, üzerine çıkıldığında kütlenin bir kısmının kara deliğe dönüştüğü değer olduğunu hatırlamalı. Dolayısıyla bu düştükçe daha çok kara delik yapılabilecektir. Aslında ne kadar karbon yapıldığını etkilemeden kütlenin üst sınırını etkileyebilecek bir parametre var. Bu, çekirdek kuramcısı Gerald Brown ile yıllar önce yıldızların nasıl çalıştığını anlayan Hans Bethe'nin birlikte önerdikleri bir kuramın sonucu. Öneri yeni olup henüz tam olarak gözlemle gerçekleşmedi. Ama böyle oluşu kozmolojik doğal seçilimin hoş bir sınanması.

Nötron yıldızlarına böyle denmesinin sebebi hemen hemen bütünüyle nötronlardan oluştuklarına inanılması. Bir nötron yıldızının oluşmasının standart kuramına göre ölmekte olan bir yıldızın merkezindeki muazzam basınçla elektronlar protonlarla birleşip nötronları ve nötrinoları yapıyorlar. Nötrinolar uçup gidince merkezde yalnız nötronlar kalıyor. Hans Bethe ve Gerald Brown alışıla bir senaryo önerdiler. Onlara göre, elektronlar protonlara dönüşmeyip bunun yerine doğrudan *kaon* denilen di-

ğer bir parçacık türüne dönüşüyor. Bunlar çok kararsız radyoaktif nesneler, dolayısıyla doğada bulunmuyorlar; bunları parçacık hızlandırıcılarında bulduğumuz için biliyoruz.

Normalde kaonun kütlesi bir elektronunkinden çok daha fazla, ama kaonlar bir nötron yıldızının çok yoğun ortamında kütlelerinin çoğunu yitirirler.² Belli yoğunluktaki bir ortamda onlara, bir süperiletkende elektronların başına gelene çok benzeyen bir şey olur. Birdenbire ortamda hiçbir dirençle karşılaşmadan özgürce devinmeye başlarlar. Bu bir bakıma da etkin olarak çok hafiflemeleleri demektir. Hatta belki elektronlardan bile hafif olurlar. Bu olursa elektronlar da kararsız olup kaon ve nötrinolara bozunabilirler. Nötrinolar da önceki gibi uçup kaçar, yıldızın merkezinde yalnız protonlar, nötronlar ve kaonlar kalır.

Bunların ikisi de ağır bir yıldızın çöküşü sırasında olanların mümkün senaryoları. Soru ise doğada asıl hangisinin olduğu. Elektronlar kaonlara mı dönüşüyor, yoksa protonlarla tepkileşip nötronları mı üretiyor? Yanıt kesin değil. Fakat Bethe-Brown senaryosunun lehine de kimi deliller var. Bunları birazdan sunacağım. Ama amacımız için en ilginç gelen şey doğanın seçtiği şeyin kaonun kütlesine bağlı olması. Kaon yeterince hafifse elektron kaona dönüşmeyi yeğler ve doğrusu Bethe-Brown senaryosu olur. Yoksa elektronlar protonlarla tepkileşmeyi yeğleyip yıldızın nötronlardan oluşacağı eski senaryoya dönülür. Belirlemesi pek de kolay olmayan şey ise hafifin ne kadar hafif olacağı. Kaonun kütlesini şüphesiz biliyoruz, problem Bethe-Brown senaryosunun yeğlenmesi için tam ne kadar küçük olması gerektiğini bulmanın zor bir hesap gerektirmesi.

Bunun kara delik yapmayla ne ilgisi var? Çok! Çünkü üzerine çıkıldığında arta kalanın kara delik olmak zorunda kaldığı kütle üst sınırı iki senaryo için farklıdır. Yeni, Bethe-Brown senaryosunda kütle üst sınırı çok daha düşük, Güneş kütlelerinin bir buçuk katı kadar. Eski senaryoda ise iki ya da üç katı kadar olması olasıdır. Bu demektir ki Bethe ile Brown haklıysa, eski senaryoya göre olabileceğinden çok daha fazla kara delik yapılacaktır.

² Her bağlı sistemde, bağ enerjisi parçaların serbest kütlelerinin bir kısmının enerjiye dönüşmesinden oluşur. Örneğin bir su molekülündeki oksijen ve hidrojen atomlarının kütleleri, serbest durumda olanlardan küçüktür. Bu miktar enerji moleküle verilmedikçe molekül atomlarına ayrılamaz -çn.

Bu ise kozmolojik doğal seçim doğruysa kaonun aslında tüm nötron yıldızlarının Bethe-Brown senaryosunu yeğlemelerini sağlayacak kadar hafif olması demektir. Bu iyi, çünkü kaonun kütlesi standart modelin, daha önce sözü edilenlerin tümünden bağımsız bir parametresine dayanıyor. Bunun sebebi sıradan maddede bulunmayan bir tür -acayip- kuark içermesi. Bu durumda kaonun kütlesini, acayip-kuarkını değiştirerek istediğimiz gibi ayarlayabiliriz. Kütleyi fazla küçültmezsek çoğu astronomik süreci etkilemeyecek. Sonucunda doğanın, kritik kütleyi epeyce küçültmek için bir parametreyi yan etki doğurmuyacak şekilde ayarlama şansı olduğu görülüyor. Doğanın, bu şansı olup da bu avantajdan yararlanmamışsa kara delik sayısını maksimum yapmaya çalışmıyor demektir.

Peki olan ne? Nötron yıldızlarının kütleleri birkaç durumda sağlıklı olarak ölçüldü. Bu, bir çift nötron yıldızının birbirlerinin çevresinde dolandıkları durumlarda oluyor. Nötron yıldızları çok çabuk fırlırlar ve bu hızı sağlıklı olarak ölçmemizi sağlayan ardışık radyo atmaları salar. Bu atmalardan gidip, azıcık da şık görelilik kuramı kullanarak iki nötron yıldızının kütlelerini çıkarabiliriz. İşin ilginç yanı şimdiye dek bilinen nötron yıldızı kütlelerinin 1,3 ile 1,45 Güneş kütlesi kadar dar bir aralıkta olması.

Bu, üst sınırı bunun az üstünde, yaklaşık 1,5 Güneş kütlesi kadar veren Bethe-Brown görüşünü kesinlikle destekliyor. Standart senaryo doğruysa, bu nötron yıldızlarından hiçbirisinin daha kütleli olmadığını anlamak zor. Şüphesiz bundan, ölçülmüş sırf birkaç yıldız kütlesiyle çok emin olmayabiliriz. Ama zaman zaman yeni nötron yıldızı çiftleri keşfedilebilir. Herhangi birisinin kütlesi Bethe ve Brown'un öngördüğü kütlenin üstünde çıkarsa kuram çöktüğü gibi, kozmolojik doğal seçim kuramına karşı da bir delil sayılacaktır. Öte yandan diyelim yüz adet daha keşfedilir ve de hepsi Bethe ve Brown tarafından öngörülen dar aralığa düşerse bu, Bethe ve Brown için iyi bir delil sayılırken, kozmolojik doğal seçim için de dolaylı bir delil olacak.

Bu, ancak öykünün pek sonu değil. Çünkü Bethe ve Brown doğru bile çıksalar yani kütle üst sınırı alçak olsa bile tüm süpernova artıklarını kara delik yapacak kadar düşük olamaz. Öyleyse, belki de yarısı nötron yıldızı olacak. Bu durumda, acaba kütle üst sınırı

rının daha da indirilebilmesinin mümkün olup olmayacağını sorabiliriz; öyle ki her süpernova kara delik olsun. Eğer bunu yıldız oluşumu sürecindeki başka bir şeyi etkilemeden, acayip-kuarkın kütlesini ya da bir başka parametreyi ayarlayarak yapmak mümkünse, bu kozmolojik doğal seçilime karşı bir sav olabilir.

Bunun basit bir problem olmadığı görülüyor. Çünkü kaonun yahut acayip-kuarkın kütlesi fazla küçükse bunlar bildik çekirdek fiziğinde de etkili olmaya başlayabilir. O zaman da acayip-kuarkın kütlesini düşürmenin karbon oluşumunu aksatmak gibi yan etkileri olabilir. Ayrıca kütle üst sınırını yükseltebilecek çekişen etkiler de çıkabilir. Bunlar ancak ayrıntılı çekirdek fiziği hesaplarıyla çözülecek sorunlar. Bir de, acayip-kuark kütlesini düşürmenin evrenin çok erken evrelerindeki süreçleri de etkileyebilmesi söz konusu. Bu ise kozmolojik doğal seçim varsayımının, kuramsal bir hesabın sonucuna ilişkin bir öngörüye götürdüğü bir diğer olgu: kuram doğruysa, kütle üst sınırının –olan değerden– daha aşağıya alınması, yıldız oluşumu sürecini bir şekilde aksatmadan mümkün olamaz.

Diğer bir takım sınamalar, parametreleri çekirdeklerin kararlılığını aksatacak yönün tersine ayarlamakla ilgili. Biliyoruz ki elektronun kütlesini artırmak ya da nötron ve protonun kütle farkını azaltmak çekirdeği olmayan bir evrene yol açar. Peki azaltmak? Daha az kütleli bir elektronun yıldızların fiziği için, merkezden yüzeye enerji aktarımından bulutların soğuma hızına kadar çok önemli sonuçları olur. Bu, bütün etkinin öngörülmesinin zor olduğu bir diğer olgu. Bu ise kozmolojik doğal seçim kuramının bir öngörü yapması demek olup bu, elektron kütlesini azaltmanın genel etkisinin kara delik üretimini artırmaması olmalıdır.

Ancak, proton ve nötron arasındaki kütle farkını azaltmamızın dramatik bir etkisi olacaktır. Bu aslında küçük olduğundan işaretini değiştirecek kadar azaltarak nötronların protonlardan hafif olduğu bir evrene geçildiğini düşleyebiliriz. Böyle bir evren kendimizinkinden çok değişik olacaktır. Çünkü proton, kütlesi nötronla pozitronun toplamından büyükse kararsız olacak ve bozunup onlara dönüşecek. Büyük patlamadan çıkışta böyle bir evren öncelikle hidrojen atomlarından değil nötronlardan oluşan bir gaz halinde olacaktır. Böyle bir evrende ilksel gaz bulutları

çok daha yavaş soğuyacaktır, çünkü hidrojen daha çok elektronlarıyla ilgili bir süreçle soğur. Bu da gökadalara oluşturan süreçleri ciddi ölçüde yavaşlatır. Sonuç yüksek olasılıkla daha da az gökada ve dolayısıyla daha az yıldız, yani daha az kara delik demektir. Bu da bunu, kozmolojik doğal seçilimi tutturamayan bir olgu yapar.

Etkileri üzerinde durulabilecek mümkün birkaç parametre değişikliği daha var. Ne zaman kozmolojik doğal seçim üzerine bir konuşma yapsam bir soru gelir: her bir yıldızın kütesinin azaltarak kara delik sayısı artırılabilir mi? Bunun bir sonucu belli bir kütle miktarıyla daha çok yıldız yapılabilmesi olabilir. Başka her şey aynı kalıp kara delik olacak yıldızların oranı değişmezse sonuç daha çok kara delik olması. Aslında her yıldızın kütesini azaltmayı sağlayacak bir yol var, kütleçekim sabitinin değerini artırmak. Ne yazık ki bu olduğunda başka her şey aynı kalmaz. Bir kere gökadalara oluşturan süreçler üzerinde etkiler olabilecektir. Ancak, konuya ilişkin bilgisizliğimizden dolayı, oluşacak kara deliklerin sayısına ilişkin en büyük etki hakkında sağlam sonuçlara erişemiyoruz.

Kütleçekim sabitini artırmak yıldızların işleyişine de derin etkiler yapar. Bunun sebebi ilk kez Brandon Carter'ın işaret ettiği ve ondan beri insancı ilke yanlılarınca üzerinde durulan ilginç bir raslantı. Evrenimizde işlerin gidişine göre iki geniş yıldız sınıfı bulunuyor: enerjilerini yüzeye ısımayla aktaranlar ve taşınım ile aktaranlar. Newton sabitinin değeri artsa ya da azalsa, sonuçta yıldızların tümü, sırasıyla ya ısımalı ya da taşınımlı olacak. Bunun yıldızların evrimi süreçleri –büyük kütleli yıldızların, kütlelerinin büyük kısmını buharlaşmayla ortama geri vermesi gibi kritik süreçler dahil– üzerinde büyük etkisi olacaktır. Ancak bunun kara delik üretimine ne etki yapacağı hakkında kesin bir sonuca götürecek sağlam bir savım yok.

Kütleçekim sabitini artırmak bir süpernovanın yıldızlararası ortama geri vereceği madde miktarını da etkileyebilir. O zaman da bir yıldızın geri dönüştürdüğü madde miktarının azalması yapılacak kara deliklerin sayısını da düşürür. En son olarak da, kütleçekim sabitinin artması, görülüyor ki yıldızların ömürlerini kısaltacaktır. Bu da 9. ve 10. Bölümlerde üzerinde durduğumuz çeşitli geribesleme etkilerinin dengesini de etkileyebilecektir. Çün-

kü kısa ömürlü yıldızlar –çevrelerine en çok enerji atanlar– gene de dev molekül bulutlarının yıldız oluşturdıkları süreçlerdeki zaman ölçeklerinden daha uzun yaşarlar.

Öyleyse, diğer parametreleri sabit tutarken büyüyen kütleçekim sabitinin, gazdan kara deliklere götüren süreçler üzerinde kat kat etkisi olacağı görünüyor. Bunların bazıları üretilecek kara deliklerin sayısını artırmaya yönelikken, kimilerinin de zıt etkisi olur. Genel sonucu öngörmek, gökada süreçleri arasındaki karışıklı ilişkilerin karmaşıklığı karşısında zor. Değişiklik zıt yönde, yani kütleçekim sabiti küçülürse genel etkinin ne olacağını öngörmek de aynı nedenlerle zor. Dolayısıyla bunların da –eğer kozmolojik doğal seçilme doğruysa– genel sonucunun, kara delik sayılarının artmayacağını öngörebileceğimiz olgulardan olduğu görülüyor.

YAYIMLANMIŞ ELEŞTİRİLERE YANITLAR

Kozmolojik doğal seçilim fikrinin gelişimi Tony Rothman ve George Ellis'in yayımladıkları bir takım eleştiriler çok şey borçlu. Bu kişiler insancı ilkeyi kozmolojik doğal seçilime yeğleyen savları sürdüler. Savundukları şey, belli süreçlerin karbonu olmayan bir evrende bizimkindekinden daha çok kara delik üretilmesine götürebileceği. Savlarının birçoğunun doğru olmasına karşın kilit bir hususu atlamışlar: evrenimizdeki kara deliklerin çoğunluğunun karbon ve oksijenin varlığını gerektiren süreçlerle üretilmesi. Bunun dev molekül bulutlarında büyük kütleli yıldızları oluşturan süreçler için gerekli olduğunun altını çizmiştim. Dolayısıyla yıldız oluşumu ve kara delik oluşum hızı tahminlerini yalnızca kütleçekimsel çökme ve bulutların bölünmesine (Martin Rees'in 1976 modeli gibi) dayandırıp karbon ve oksijenin yıldız oluşturan bulutlardaki engelleme ve soğutma işlevlerini hesaba katmamak doğru olmaz. Bu demektir ki parametrelerdeki ufak değişmelerle bizimkine neredeyse özdeş olan ama yıldızlarda karbon oluşturan rezonansa götüren Hoyle çakışmasının tutmadığı bir evren, yaşamsız ve daha az kara delikli bir evren olur. Buna göre, insancı ilkenin sonuçlarını kozmolojik doğal seçilimden ayırt etmek için usavururken çok büyük özen gösterilmelidir. İşte bu yüzden aca-

yip-kuark ve kütle üst sınırıyla ilgili olanlar gibi, iki öneriyi ayıracak sınamalar bu tartışma için kritiktir.

Daha da özgül olarak Rothman ve Ellis kozmolojik doğal seçilime, konu üzerindeki ilk makalemden (Smolin 1992a) geliştirildiği şekline ilişkin beş eleştiri getirdi. Üçü bildiğim kadarıyla doğru. Bu makalede üzerinde durulan bir soğuk büyük patlama senaryosu, kozmik kara cisim ısınımını yeterince ısıllaştırmadaki zorluk yüzünden büyük olasılıkla elverişli değil. Ya helyumun ya da nötronların –nötron-proton kütle farkının sıfır ya da negatif olmasına karşılık gelenler– baskın olduğu iki evren örneği, eldeki bilgilerle çözümlemesi zor iki olgu sunmakta. Metinde belirttiğim gibi, böyle evrenlerde kara delikler yaratılıyorsa da, bunların gökadalarda halen yapılmakta olan kara deliklerle hiçbir ilgisi olmaz. Böyle evrenlerde kara delik yaratılması süreçleri en iyisinden, ilk kuşak yıldızları henüz karbon ya da oksijen üretilmeden oluşturduğunu varsayan süreçlerle kıyaslanabilir. Ama bu süreçlerin, çoğunlukla helyum ya da nötrondan bileşmiş bir evrende kara delik oluşma hızına ilişkin güvenilir sonuçlara erişemeyecek kadar çok cahiliyiz.

(Smolin 1992a)'da öbek ölçeğindeki kütlelerin gökadalara bölünmesinin, (Barrow ve Tipler 1986, s. 389)'da özetlenmiş olan etkin ışımalı soğumaya bağlı olduğuna ilişkin bir usavurmaya atıf yapmıştım. Bunun doğruluğu, bir nötron evreninde gökadalardan oluşmayacağını ve böylece daha az kara delik oluşumuna yol açacağını ima eder. Ancak, bu basit usavurma gökada oluşumunda –kökeni ne olursa olsun– karanlık maddenin işlevini yadsıyor. Bu durumda nötronlardan ya da helyumdan yapılmış bir evrende oluşacak kara deliklerin sayısının nasıl öngörüleceğini bildiğimizi sanmıyorum, tıpkı yeniden bileşmenin az sonrasında oluşan yıldızlar için başlangıçtaki kütle fonksiyonunu öngöremememiz gibi. Kozmolojik doğal seçim doğruysa bu evrenler evrenimizden daha az kara delik üreteceklerdir.

Kozmolojik doğal seçilimin bir diğer mümkün eleştirisi John Barrow'un (1996) bir makalesinde bulunuyor. Barrow, sonuçlarını kara delik entropisine ilişkin hususlara dayanarak Newton sabitinin değerini yükseltmenin sonuçları üzerinde duruyor. Ancak, yıldızların ömürleri ve gökadalardan oluşumları hesaba katılmadığından bu olguya ilişkin usavurmaların yetersiz olduğuna inanıyorum.

KOZMOLOJİK SINAMALAR

Kozmolojik doğal seçim için bir diğer takım sınama astrofizikten çok kozmolojiden geliyor. Bunun sebebi evrenin bütünüyle evrimi değiştiklerini düşünebileceğimiz bir parametre takımıyla güdülmekte. Tıpkı parçacık fiziğinin standart modelinin parametreleri örneğinde olduğu gibi etkilerin üretilen kara deliklerin sayısını artıracak mı azaltacak mı diye sorabiliriz. Bu soruya yararlı yanıtlar alabiliriz, çünkü evrende erken çağlarda olanların onun genel yapı ve bileşiminde büyük etkisi oldu, tıpkı bir testinin, çömlüğünün ilk dakikalarda yaptıklarıyla biçimlenmesi gibi.

Evrenin genel biçim ve tarihçesinin betiminde birçok parametre bulunuyor. O zaman bunlardan herhangi birinin, evrenin daha çok kara delik üreteceği gibi ayarlanıp ayarlanamayacağını sorabiliriz. Bu soruya yaklaşmak için kara delik oluşumuna yakın kozmolojik aşamaları özetleyerek başlayabiliriz.

Kuramımızın ilk önermesi evrenin kara deliğe çöken bir yıldızın olağanüstü sıkışmış artığının patlamasıyla yaratılması. Bu aşamada, genişlemeyi başlatan patlamadan kuantum kütleçekimle ilişkili olduğunu beklediğimiz etkilerin sorumlu olduğunu beklediğimize göre, yıldız Planck ölçeğinde bir yoğunluğa sıkışmış olabilir. Bu noktadan öteye de evren bildik büyük patlama senaryosundaki gibi genişliyor. Diğer köken öyküleri –örneğin yaşamın başlangıcı ya da *Homo Sapiens*'in evrimi– gibi evrenin erken aşamaları hakkında da, kesinlikle kanıtlanmış olmasa da akla yakın kuramlar var. Bazı aşamaları delillerle makul ölçüde iyi desteklenen ama diğer aşamaları çok daha farazi bir standart senaryo var. Ama besbelli boşluk ve zorluklara karşın standart kurama bağlı kalmak sağduyuya uygun görünüyor. Çünkü bu, gerçek evrenle kıyaslandığında şimdiye kadar almasıkların herhangi birisinden daha sağlam durmakta.

Genleşme başlangıcının çok yakınında çok çabuk bir şişme³ aşaması olabilir. Böyleyse, bu, patlamada yaratılan evrenin kabaca ne kadar büyük olacağını belirler. Bundan sonra, yeğin etkileşen (nötronlar ve protonlar gibi) parçacıkların yaratıldığı bir

³ Alan Guth'un 1979'da ileri sürdüğü ve geliştirdiği "enflasyon" fikri –çn.

aşama geliyor. Buna baryon doğurucu⁴ “dönemi” denilir. Evrenin yoğunluğu, yani santimetreküpteki ortalama proton ve nötron sayısı bu dönemde belirlenir. Bu dönemden bir süre sonra gelen nükleosentez döneminde proton ve nötronların bir kesri bağlanarak helyum ve diğer birkaç hafif elementi yapar. Bu bizi büyük patlamadan birkaç dakika sonrasına getirir.

Bunun ardından evren ayrılmaya⁵ kadar genişleşip soğur ve gökadalara oluşmaya başlar. Gökada oluşumu dönemini, spiral gökadalara yıldızları yaptığı şimdiki dönem izler. Evrenin yaptığı kara deliklerin çoğu bu dönemde üretilir. Onlarca milyar yıl sonra da eldeki gazın hepsi yıldızlara dönüşecek ve gökadalara ölecek. Evrenin uzak geleceğine ilişkin bazı ilginç spekülasyon tartışmalar olmakta. Bunların bir kısmı, göreceğimiz gibi üretilen kara deliklerin sayısı üzerinde etkili.

Evrenin tarihçesinin, bu çizgi filim taslağı karşısında hangi noktada parametrelerdeki bir değişimin üretilen kara deliklerin sayısını artırmaya götürebileceğini sorabiliriz. Şişme döneminden başlanabilir. Kimi teknik zorluklara karşın evrenin erken bir şişme döneminden geçmiş olması fikri çekici bir varsayım olmayı sürdürüyor. Bu fikre göre tek bir patlamadan üretilen evrenin büyüklüğü evrenin bu çabuk genişlemesinin süresiyle (aslında bu sürenin üstel fonksiyonuyla) belirleniyor. Evrenin yoğunluğu sonraki süreçlerle belirlendiğinden, evrenin yapacağı kara deliklerin varacağı sayının şişme döneminin sonundaki büyüklüğüyle orantılı olduğu kanısına varmak makul görünüyor. Kozmolojik doğal seçim doğruysa bu olabildiğince büyük olmalıdır.

Şişmenin standart modellerinde şişme döneminin süresini belirleyen bir parametre var. Bu, kuramın varsaydığı yeni bir parçacığın ne yeğlilikle etkileştiğini ölçüyor. Bu yeni parçacıklara *inflaton* denilirken, yeni parametrenin adı da *inflaton yükü*. Öyle ki şişen bölge büyüdükçe inflaton yükü küçülür. (Aslında bağlılık çok yeğin, evrenin şişme miktarı inflaton yükünün tersinin karekökünün üstel fonksiyonu.) Öyleyse kozmolojik doğal seçim olabilecek en büyük evreni seçecekse, inflaton yükünü de olabileceği kadar küçük yapmaya çalışacak.

⁴ Baryogenesis –çn.

⁵ Fotonların maddeden kurtulması –çn.

Bu iyi, çünkü olan şu ki, ne olursa olsun şişmenin olabilmesi için inflaton yükünün belli bir kritik değerin altında olması gerekir. Bu kritik değer modele bağlı olup genellikle milyonda birden küçüktür. Aynı zamanda, inflaton yükü çok da küçük olamaz. Sebebi de erken evrende bunun öbeklenmeye yol açan belli etkileşmelerin yeğinliğini ölçmesidir. Standart şişme senaryosuna göre bu öbekler daha sonra büyüüp gökadalar olacak tohumlardır. İnflaton yükü zayıfladıkça evrenin öbeklenmesi azalacaktır. Fazla zayıfsa gökadalar hiç oluşamayacak. Bu, çok büyük ama çok az kara deliği olan bir evrene götürebilecektir.

En çok kara deliği yapacak bir evrene yol açmak için inflaton yükü bu iki sınırın arasında olmalıdır. Gökadaların oluşmasını sağlama alacak kadar büyük, ama şişmeye izin verecek kadar da küçük olmalıdır. Bu sınırlar arasında yük olabildiğince küçük olmalıdır. Bu mümkün en büyük hacimli evrene, dolayısıyla da en büyük sayıda kara deliğe götürecektir. Böylece kozmolojik doğal seçim varsayımı verildiğinde inflaton yükünün, ayrıntılı şişme modellerinden herhangi birisine uygulanabilecek bir değeri için öngörü yapabiliriz. Bu öngörü, yükün olabileceği kadar küçük, ama gökadaları oluşturmaya yetecek öbekliliği sağlayacağı gibi olmalı. Bu, kozmolojik doğal seçilimin, diğer varsayımların öngörülebilirliğini nasıl artırabileceğinin bir örneğidir.

Bu durum, pek çok ilksel kara delik üretecek evrenlere götüren parametre seçme önerileri için de elverişlidir. İşaret etmiş olduğum gibi bunun parametrelerdeki küçük değişmelerle başarılabılme şansı pek olmadığı için aslında kurama bir itiraz sayılmaz. Ancak, bunu söyledikten sonra, parametreleri ayarlayarak muazzam sayılarda ilksel kara delik yapma fikrinde de bir sorun var. Bunu yapmanın en belirgin yolu erken evrenin öbekliliğini artırmak. Eğer evren başlangıçta, olmuş olduğundan çok daha öbekli ve az türdeş olsaydı birçok pütürde öyle çok madde derişebilir ki bunlar hemen kara deliğe çökebilir. Sorun, şişmeyle büyüyen evrende öbeklenmenin artmasının temelde inflaton yükünün yeğinliğiyle belirlenmesinde. Ama daha yeni gördüğümüz gibi inflaton yükünün ne kadar büyüyebileceğinin bir sınırı var. Bu demektir ki bu süreçle şişip büyüyen bir evrenin ne kadar öbeklenebileceğinin pekâlâ bir sınırı olmalıdır. Bu soruyu daha derinleştirmek

için konunun çok daha teknik düzeyine indirmek gerekir. Ama şu var ki şişmeyle büyümüş ama ilksel kara deliklerle dolu bir evren üretecek parametreler için bir seçeneğimiz olduğu doğru olmak zorunda değil.

Şişme döneminden sonra baryon doğurucu çağa geliyoruz. Kaç adet nötron ve proton yapılacağı bu çağda belirleniyor. Bunun nasıl olduğuna ilişkin oldukça standart bir senaryo bulunuyor. Bunu başlangıçta Andrei Sakharov ileri sürdü. Kendisi, çok ilginç yaşamı boyunca Rusların hidrojen bombasını keşfedenler arasında bulunmuş, birçok ilginç fiziksel hipotezin yazarı olmuş ve çok hayranlık uyandıran bir demokrasi savunucusuydu.

Sakharov proton ve nötron yoğunluğunun, doğadaki temel etkileşmelerin CP denilen bir simetri işlemi sonucu değişme miktarını ölçen bağımsız bir parametrenin güdümünde olduğunu önermişti. Bu işlemde tüm parçacıkları andaş olarak karşıt parçacıklarıyla değiştiren bir aynadan bakılır. Olan o ki evren bu işlemle neredeyse –ama tam değil– hiç değişmez. Niye böyle olduğu bir gizem, ama bunun evrenin nötron ve protonlarla dolu olması için gerekli olduğuna inanmak çekici geliyor.

Kozmolojik doğal seçim, daha çok yıldız ve dolayısıyla daha çok kara deliğe yol açacağı için nötron ve proton yoğunluğunun olabileceği kadar yüksek olmasını öngörmeli. O zaman şunu sorabiliriz, yoğunlukları, kara delik sayısını azaltma eğilimi gösterebilecek başka etkiler ortaya çıkmadan en çok ne kadar yükseğe ayarlayabiliriz? Yanıt öyle olduğu yönünde. Çekirdek sentezi çağında helyum ve yanı sıra başka hafif elementler sentezleniyor. Anlaşılan üretilen helyum proton ve nötronların yoğunluğuyla orantılı. Şimdiki yoğunluğa göre ilksel gazın yaklaşık bir çeyreği helyum. Nötron ve protonların yoğunluğunda kayda değer bir artma olursa daha çok helyum olacak. 8. Bölümde daha çok helyumu olan ama süpernovaları olmayan bir evren örneği üzerinde durmuş ve bunun evrenimizden, sonucunu öngöremeyeceğimiz kadar farklı olacağına varmıştık. Buradaki durum farklı. Bu daha çok helyumu olan bir evrene götürüyor ama süpernovalara neden olan süreçlere bir etki yapmadan. Ancak, önceki gibi, eldeki bilgimizle sağlam bir sonuca varamayacağımız çekişen etkiler bulunuyor. O zaman bu, kozmolojik doğal seçilimin öngörü yapabileceği bir di-

ğer olgu. Bizimkinden daha yüksek yoğunlukta bir evren, ne olursa olsun büyük olasılıkla helyum miktarının artması sonucunda, daha az kara delik yapacak.

Kozmolojik doğal seçilimin öngörleriyle çelişme yollarını araştırırken ele alacağımız bir kozmolojik parametre takımı daha var. Bunlar, evrenin önünde sonunda yeniden çöküp çökmeyeceği ve çökecekse bundan önce ne kadar yaşayabileceği. Bunlar kuram için en azından kaba bir sınama sağlıyor.

Sonuçta evren ya yeniden çökecek ya da ebediyen genişleyecek. Biri ya da diğeri olmadan önce evrenin ne kadar var olacağı, genişlemenin ilk hızı ile başlangıçtaki madde yoğunluğu arasındaki çekişmeye bağlı. Bu, çok tanıdık bir örneğe benzer: havaya bir top atsam yukarıda kalma süresi, yukarı fırlatma hızı ile aşağıya çeken kütleçekim kuvvetinin büyüklüğü arasındaki çekişmeye bağlı. Top durumunda kütleçekim kuvveti gezegenimizin kütlesiyle orantılı, evren için ise genişlemesini tersine çevirmek isteyen kütleçekim kuvveti madde yoğunluğuyla orantılı. İlk hızı fazla küçükse genişleme bütün maddenin kütleçekimle kolayca tersine dönebilir ve evren çabucak çöker. Öte yandan hız fazla büyükse maddenin hepsi bile genişlemeyi tersine çevirmeye yetmez ve genişip durarak olağanüstü seyreler.

Çökme ya da çabucak seyreleme olmadan uzun süre yaşayacak bir evren edinmek için genişleme hızının ve madde yoğunluğunun iyi dengelenmesi gerekli. Öyle olmasaydı evrenin ömrü için yalnızca tek bir doğal zaman ölçeği olabilirdi, 10^{-43} saniyelik Planck süresi. Çünkü ince ayar yapılmadan tüm parametrelerin ne fazla büyük ne de fazla küçük olan akla yakın değerler almasını bekleriz. Ama başlangıcın yakınında tüm ölçekler Planck birimlerine ayarlanmış olmalı, çünkü başlangıcın yakınında başat kuvvet kütleçekim olmak zorunda olup Planck birimleri yalnızca kütleçekim kuvvetinin yegînliği, ışık hızı ve Planck sabitine bağlıdır. Bu demektir ki evrenin ömrü de Planck birimlerinden birisine yakın düşmeli ki bu 10^{-43} saniyedir.

Şimdiye dek on-yirmi milyar yıl kadar yaşamış bir evrende yaşamaktayız ki bu 10^{60} Planck süresi eder. Bu süre içinde ne çöktü ne de evrenin genişlemesi madde yoğunluğunun yoksanabileceği kadar hızlı arttı. Böyle olabilmesi için genişleme hızının ve madde

yoğunluğunun başlangıç değerleri bu iki olabilirliğin arasındaki hattın çok yakınında inanılmaz bir incelikle dengelenmelidir. Ne kadar? Her şeyi Planck birimleriyle ölçeceksek bu iki şey başlangıçta 10^{60} 'ta birden daha yakın dengelenmelidir. Bu da her niceliğin *en az altmış ondalık* incelikle ayarlanması demektir.

Bu bilgiyle, en ilginç sorunun evrenin önünde sonunda çöküp çökmeyeceği olmadığını görüyoruz. Asıl soru, hepten niye var olduğunun anlaşılıp anlaşılamayacağı. Başlangıç parametreleri gelişigüzel çekilip alınmışsa evren şimdiye kadar, soluk kesici bir olasılıkla ya yeniden çökmüş ya da neredeyse boş görünürdü. Bugüne dek bu durumlardan birisinin ya da diğerinin olmamış olma olasılığı gene aynı, 10^{60} 'ta bir. Bu, evreni makul bir şekilde anlamış olmak istiyorsak açıklanması gereken bir diğer gerçek.

Bu durumu anlatmanın bir yolu adına Omega denilen bir parametre kullanmaktır. Bu, bugünkü madde yoğunluğunun, evrenin yeniden çökmesi için gerekli yoğunluğa oranıdır. Bu birden küçükse evren ebediyen genleşecek ve bir süreden sonra olağanüstü seyreltik olacaktır. Omega bire ne denli yakınsa, iyice seyrelme ya da yeniden çökme başlamadan önce evren şimdikine benzer bir durumda o denli uzun kalacaktır. Evren yalnızca Omega tam olarak bire eşitse çökme ve başını alıp giden genleşme olanakları arasında ebediyen kesin dengede kalacaktır.

Evrenin bu, sonraki aşamasında ne çökmüş ne de ivmelenmiş genleşme sürecinde olduğu gerçeğinin anlamı Omeganın bire birkaç ondalık hane kadar yakın olması. O zaman Omeganın kesinlikle bir olup olmayacağını sormak çok doğal. Bu ancak madde yoğunluğu ile genleşme hızının kesinkes dengede olmalarıyla mümkün. Bugün bunların en az altmış ondalık hane mertebesinde kesinlikle dengede olduklarını biliyoruz, ama Omeganın tam bir olması bunların sonsuz ondalık haneye kadar çakışması demektir.

Kozmolojik parametrelerin bir temel kuramla güdülmesi durumunda, parametrelerin, kesinkes tam ayarlanmadan altmış ondalık hane kesinliğiyle ayarlanmasını düşlemek çok zor. Çünkü *bir* sayısını öngörecektir bir matematiksel kuram kurmak, *birden yetmişinci* ya da *bininci* ondalık hanede fark edecek birini kurmaktan çok daha kolay.

Gerçekten, bu dengeye nasıl erişileceğini açıklamak için şimdiye dek önerilen kuramların tümü bunun inanılmaz bir doğrulukla edindiğini öngörüyor. Bunun anlamı Omeganın neredeyse kesinlikle bir olması. Bunlar arasında şişme varsayımı da bulunuyor. Çoğu şişme modeline göre Omega birden çok küçük bir miktar, milyonda bir kadar farketmeli. Aslında Omeganın tam bir olduğu şişme kuramları da mümkün. Bunlar Bucher, Goldhaber ve Turok (1994) ile Bucher ve Turok (1995) tarafından betimlenmekte. Ama bu, yalnızca hızlı genleşme çağıının ne kadar sürdüğünü belirleyen bir parametrenin inanılmaz incelikle ayarlanmasıyla sağlanabiliyor.

Öte yandan dengeyi doğal seçilimin kara delik oluşturma düzeneği belirliyorsa dengenin, evrenin en az yaşamış olduğu kadar ömrü olmasına izin verecek gibi ayarlanmış olması sürpriz değil. Ama bundan çok daha fazla incelikle ayarlanmış olması sürpriz olurdu. Çünkü denge büyük sayılarda kara delik üretimini mümkün kılmak için ayarlanmışsa, gerekli olan şey, evrenin yaşının, bazıları kara delik olacak yıldızların gökadamada üretilme sürecinin sürebileceği kadar uzun olması. Fakat doğal seçim düzeneğinin, parametrelerin, evrenin bundan çok daha uzun yaşamasını sağlayacak şekilde ayarlanmasına götürmesi için hiçbir neden yok.

Birçok gökada yıldız üretmekte olduğuna göre gökadalardan yıldız üretmekte oldukları süre en az şimdiki evrenimizin ömrü kadar olmalı. Aynı zamanda bu ebedi de olamaz. Önünde sonunda gazın hepsi yıldızlara dönüşecek ve artık yıldız yapılamayacak. Evrende yeni yıldız yapılma hızının yavaşça azaldığına ilişkin deliller var. Geçmişte bugünkünden daha çok gökadanın büyük bir coşkuyla yıldız yapmış olduğunu gösteren deliller de var.

Böylece kozmolojik doğal seçim varsayımı doğruysa Omeganın, evren, gökadalardan uzun yaşayıp –çökmeden ya da denetimsiz bir genleşme havasına girmeden önce– coşkuyla yıldız oluşturacak gibi ayarlanmasını bekleriz. Ama aynı nedenlerle hiçbir yaratık, üremesi için yeterli süreden kat kat uzun bir süre yaşamaz. Bu nedenlerle de Omeganın bire olandan daha yakın ayarlanmasını beklememeliyiz.

Bu bize Omeganın şişme gibi temel bir mikroskobik kuramca saptanması varsayımıyla burada önermekte olduğum istatistiksel bir düzenek tarafından belirlenmesi süreçlerinin ayırt edilmesi için kaba, ama sanırım oldukça kuvvetli bir sınama sağlıyor.

Omegayı ölçmek için evrenimizdeki madde miktarını belirlememiz gerekli. Bunu yapmanın birçok değişik yolu var. Bir kere doğrudan görülebilen yıldız, gaz ve toz gibi nesnelerin kütlelerini toplarız. Bugün için eldeki deliller bunun Omeganın bir olması için gereken miktarın yüzde biri ile üçü arasında olduğu yönünde.

Ama maddenin sayılabileceği ikinci bir yol var, bunun kütleçekim etkilerine bakmak. Bir gökadamdaki yıldızların ya da gökada öbeklerindeki gökadalardan devinimleri incelenirse, çevrelerinde ne kadar madde olması gerektiği kütleçekim yasalarından çıkarılabilir. Bu hesaplar ilk yöntemin verdiğiinden 5-10 kat daha çok madde öngörüyor. Bunun sonucunda evrendeki maddenin en az yüzde sekseni, görebildiğimiz yıldız, toz ve gaz dışındaki nesnelerden oluşmakta. Hayati soru olan ne kadar karanlık madde olduğuna yanıt ise hem yıldızların gökadalarda içindeki hem de gökadalardan büyük gökada öbekleri içindeki devinimlerinin incelenmesinden geliyor. En iyi tahminler Omega için onda bir ile beşte bir arasında bir değer veriyor. Bu bir değerine daha yakın ama ona eşit değil. Omeganın birden küçük olmasının delilleri White, Navarro, Evrard ve Frank (1993), Coles ve Ellis (1994) ile Bahcall, Lubin ve Dorman (1995) tarafından özetlenmekte.

Aslında durum azıcık daha karmaşık. Çünkü evrendeki madde yoğunluğuna olabilecek bir diğer katkı bulunuyor. Bu da 3. Bölümde betimlenen ve evrenin ötesi olmayan ölçeğini güden kozmolojik sabit. Bunu ilk önce Einstein, genel görelilikte evrenin zamanla genleşmesi ya da büzülmesi gerektiğinin öngörüldüğünü farkettiğinde ileri sürmüştü. O sıralarda (1916'da) onunla birlikte herkes evrenin ebedi olduğunu hayal ediyordu. Kuramın bu beklentiyle uyuşması için genel göreliliğin denklemlerini bunların genleşme ya da büzülme yerine değişmez ve ebedi evrenleri betimleyecekleri şekilde evirmenin bir yolunu buldu.

Şanssızlığımıza (ya da şansımıza), bu evirme Einstein'ın amacına pek iyi uymadı ki bunu çabucak farketti. Evirilmeye bile evrenin genleştiği ya da büzüldüğünü gösteren çözümler çıkıyordu. Hele durağan olanlar aslında kararsız, öyle ki bir kozmolojik tedirgeme evreni tersinemez bir genleşme ya da büzülmeye gönderiyordu. Böylece 1920'lerin sonlarında Hubble evrenin genleşmesinin ilk delilini bulduğunda da Einstein, bunun yaşamının

en büyük gafı olduğunu söyleyerek kozmolojik sabiti kaldırmayı önerdi.

Aslında birçok fizikçi Einstein'ın yaşamındaki en büyük gafın kozmolojik sabit değil, onun kuantum mekaniğine karşı olması olduğunu düşünüyor. Yaşamındaki en çarpıcı tersliklerden birisi, kuantum mekaniği işe karıştığında kozmolojik sabiti yok etmenin çok zor olmasıydı. Bunun sebebi belirsizlik ilkesiyle bağlantılı kuantum etkileri boş uzaya sonlu bir enerji yoğunluğu verme eğiliminde. Bu etki sanki bir kozmolojik sabit varmış gibi, başta hiç konulmamışsa bile. Boş uzayın enerji yoğunluğunun sıfır olmasa bile buna pek yakın olması rahatsız edici. Şansımıza bir parametreyi ayarlama pahasına boş uzayın enerji yoğunluğunu sıfırlamak mümkün. Bunu becerebilmek için Einstein'ın ilk kozmolojik sabitini, kuantum mekaniğinden gelen enerji yoğunluğunu tamı tamına götürecektir gibi ayarlamamız gerekiyor. Bu yapılabilir ama bu iş çok duyarlı, kozmolojik sabitin 10^{60} 'ta birden daha incelikli olarak ayarlanmasını gerektiriyor.

Einstein'ın görelilik kuramından gelen kozmolojik sabitin, kuantum mekaniğinin istenmeyen belli etkilerini yok etmesi için bu incelikle ayarlanmak gereğindeki gizem görelilik ile kütleçekim arasındaki ilişkiler sorunuyla ilgili ana problemlerden biridir. Buradaki tartışmamız bağlamında mümkün iki durumu ele alabiliriz. Birincisi bunun bir temel kuram tarafından tamı tamına sıfıra ayarlanmış olması. İkincisi ise kozmolojik doğal seçim düzeneği tarafından sıfır değil ama çok küçük bir değere ayarlanmış olması.

Aslında Evrenin genel ömrünü etkileyecek gibi ayarlanabilecek en az üç parametre olduğu görünüyor. Bunlar Omega, kozmolojik sabit ve nötrininonun kütlesi. Sonuncusu yerinde çünkü nötrininonun kütlesi belli bir aralıktaysa karanlık maddeye, dolayısıyla da maddenin toplam yoğunluğuna katkısı olabilir.

Eğer üçü de doğal seçim düzeneğiyle belirlenmişse her birinin ayarının yaklaşık, evrenin ömrünün gökadalara kara delik üretecek kadar uzun olmasını sağlayacak gibi olmasını bekleriz. Dahası bu üç parametrenin herhangi birinin diğerlerinden çok daha büyük incelikle ayarlanması için bir neden yok. Bu demektir ki tüm gözlemler gözden geçirildiğinde, küçük bir kozmolojik

sabit, bir nötrino kütlesi ve *de* Omeganın tam bir olmamasını umabiliriz. Böylesi bir sonuç parametrelerin bir temel kuramca ayarlanmış olduğu beklentisiyle çalışan bir kozmoloğun belki de en kötü karabasanı. Ama aynı şekilde, evrenin parametrelerinin kozmolojik doğal seçim gibi kör ve istatistiksel bir süreçle ayarlanmış olması iyi bir delil olabilirdi.

İLKE İTİRAZLARI

Şimdi de kozmolojik doğal seçilime karşı yapılan ilke itirazlarına geldik. Bu itirazların, deneysel sınamanın ayrıntılarıyla hiçbir ilgisi yok. Bunun yerine kuramın kurgulanmasındaki mantıkla ilgililer. Önce, kuram yalnızca, dünyamızın parametrelerini, en çok sayıda kara delik üretilecek değerlere yakın olarak öngörürken bunun tam anlamıyla en büyük değerde olması gerekmiyor. Bu sınanmasını zorlaştırmaz mı? Diyelim ki kara deliklerin sayısında bir artma yapacak bir değişme bulundu. O zaman kuramı silip atacak mıyız? Herhalde hayır; özellikle de söz konusu artma, burada söylemekte olduklarımız doğruysa bekleyeceğimiz muazzam azalmalardan çok fazla değilse. Bir dağın zirvesinin yakınındaysak, en tepeye götürecek yolu bulmayı umabiliriz. Ama ya üç değişme artmaya, ama otuz yedisi çarpıcı azalmalara götürecekse? Çizgiyi nereden çekeceğiz?

Bunun, zamanından önce karar verilecek bir şey olduğunu sanmıyorum. Bunun gibi bir kuram doğru çıkacaksa çok etkileyici bir şekilde işe yarayacaktır. Ve de durum, daha iyi yapan hiçbir kuramın keşfedilmiş olmaması olacak. Eğer kozmolojik doğal seçim akla yakınlığını bize inandırmakta başarılı olacaksa, etkileyici bir şekilde onay gören birçok öngörü yapmak ve bunu hem daha iyi sürdürmek hem de olabilecek rakiplerinden daha sık yapmak zorunda. Aynı zamanda da Planck ölçeğindeki fiziği anlayışımızın, önünde sonunda kuramın iki varsayımının doğrulanma ya da reddedilme noktasına varacağı kadar ilerlemesi de gerçekleşmeli. Böylece bu kuramın iyi yanı hem astrofizik hem de kuantum kütleçekimine ilişkin bilğimiz ilerledikçe, yanlışlanmaya yatkınlığı da artmakta. Eğer yıllar sonra kozmolojik doğal seçim kuramı yeni ek sınamalardan da geçerek bir kuantum kütleçekim kura-

mının öngörülerıyla tutarlı bulunmaktaysa –ve de aynı zamanda tüm parametreler için doğru değerler öngören hiçbir birleşik alan kuramı keşfedilmemişse– sanırım artık ciddiye alınmaması zor olacaktır.

Zaman zaman kurama yapılan bir itiraz, değiştirdiklerimizin aslında doğru parametreler olmaması. Değiştirmemiz gerekli parametreler, Planck ölçeğindeki fizik için çeşitli tercihler arasında seçimin kararını verecek olanlar. Temel senaryoya göre ise hangi yasaların seçileceğine ilişkin kararların verileceği ölçek de bu. O düzeyde kaç adet parametrenin serbest olduğunu ve üzerinde durduğumuz parametrelerin bunlarla nasıl ilişkilendiğini gerçekten bilemeyiz.

Bu şüphesiz doğru. İş şu ki, elimizdeki bilgiyle en iyisini yapmaya çalışmak zorundayız. Eğer bir zaman gelir bazı daha temel parametreler hakkında bir şeyler öğrenirsek ya da parametrelerimizden belli birkaçının aslında birbirleriyle ilişkili olduğunu öğrenirsek bizi kuramı geliştirmekten alıkoyacak hiçbir şey yok.

Benzer şeylerin biyolojide de ortaya çıktığını söylemeliyiz. Mutasyon ve cinsel birleşimle çeşitlenen şey *genotiptir*. DNA'daki asıl kodlanmayla gösterilen budur. Ama doğal seçim için önemli olan şey ise *fenotiptir*. Bu ise genlerin asıl organizmadaki ifadesidir. Fenotipte hayal edilebilecek her çeşitlenme, mümkün bir DNA dizisinin ifadesi olamaz. Bu belki bir şans, çünkü hiç uyumayan akıllı uçan kedilerin arkasında kalmayacağız. Aynı zamanda da Darwin, Mendel ve ardılları genetik bilginin nasıl ifade edildiği hakkında hiçbir şey bilmeden bile epeyce iyi şeyler yapmışlardı. Bunu yapabildiler, çünkü fenotipin çeşitlenme desenlerini inceleyerek genotip düzeyinde bilginin nasıl örgütlendiği hakkında iyi tahminlerde bulunabilmişlerdi.

Şüphesiz onların bireylerdeki çeşitliliklerin kapsamını inceleyebilme avantajı bizde yok. Ancak, bunun kurama karşı bir itiraz olarak görülebileceğini sanmıyorum. Çünkü kuramın deneysel elverişliliğinin daha temel bir parametre takımı kullanılarak nasıl zayıflatılabileceğini görmek zor. Örneğin öyle olabilir ki gelecekte parametrelerin bir kısmının birbirlerine bağlanmış olduğunu böylece de bağımsız olarak değiştirilemeyeceklerini öğrenebiliriz. Bu da bizim, öbür türlü kara deliklerin sayısını artıracak belli de-

ğişmeleri göz ardı edebilmemizi sağlar. Ama tersi olmayacak. Birkaç parametrenin değerlerini, kara deliklerin sayısını artıracak şekilde değiştirmenin bir yolu olsun. Bu, bunların hep bu şekilde değişeceklerini gerektiren bir temel kuram olsa da olmasa da kurama karşı olacaktır.

Bağlantılı bir husus ise her yeni evren oluşumunda parametrelerin değişmesinin yerinde bir varsayım olup olmaması. Ayrıntılı mikrofiziğin, yalnız belli geçişlere izin vermesi ya da parametreye değişmelerini, çökmenin kara deliğin kütlesi gibi ayrıntılarına bağlı yapması hiç mümkün olamaz mı? Şöyle yanıtlayalım: cahilliğimize bakınca, mümkün en zayıf varsayımı yapmalıyız, bu da değişmelerin gelişigüzel olmasıdır. Ortaya çıkan kuramı deliller çürütmezse, asıl değişmeler hakkında daha ayrıntılı varsayım yapmaya yetecek kadar bildiğimizde durum daha kötü olmayacaktır.

Darwin aynı nedenle çeşitlenmenin gelişigüzel olduğunu varsaymıştı. Genetik bilgimiz moleküller düzeyinde arttığında doğal seçim kuramı kesinlikle kuvvetlenmişti. Ama genlerin mikroskopik yapıları hakkında hiçbir şey bilinmediğinde bile kuram gene sınanabilirdi.

Benzer olarak bu önerinin, Planck ölçeğindeki fiziği betimleyecek bir temel kuramla uyuşmayacak bir yanı yok. Temel kuramın en az bir serbest parametresi bulunduğu kadar kozmolojik doğal seçilimin önermeleri neredeyse kesinlikle, öngörebilen bir kurama götürecektir. Bunun olamamasının tek yolu pek olası görünmeyen bir durum, temel kuramın temel parçacıkların kütlelerini ve de kuvvetlerin yeğinliklerinin her biri için tek bir değer öngörmesi. Dolayısıyla daha temel bir kuramın keşfedilme olanağı, kuramın karşısında bir sav olarak kullanılamaz.

Kurama karşı ileri sürülebilecek bir diğer sav, parametrelerde akıllı yaşam içermeyen evrenlere götürecektir değişmelerin geçerli olmaması. İçinde yaşadığımız evrenin bizi içerdiğini bildiğimize göre göz önüne sadece, içinde yaşayabileceğimiz evrenlere götürecektir parametre değişmelerini almalı değil miyiz? Eğer böyleyse, kuramın gözlemsel olarak onaylanmasını savunmanın tek yolu evrenimizde, akıllı yaşam bulunan diğer herhangi bir evrendekinden daha çok kara delik üretildiğinin anlaşılması.

Anlayabildiğim kadarıyla bu sav bir yanlış anlamaya dayanmakta. Parametrelerin mevcut değerlerinden olan küçük değişmelerin götürdüğü daha az kara deliği olan evrenlerin çoğunun yaşam içermemesi çok mümkün. Ama kozmolojik doğal seçim kuramını sınamakla ilgileniyorsak iki şeyin bağımsız olmalarını düşünmek zorundayız. Evrenimizin yaşam içirme özeliği olabilir, ama parametrelerindeki tüm küçük değişmelerin daha az kara deliği olan bir evrene götürme özeliği olmayabilir. Böyleyse durumun bu olduğunu keşfedebilme olasılığımız oldukça yüksek. Bu demektir ki, bu iki özeliğin bağımsız oluşu, kuramı sınama amacıyla yalnız mümkün olarak değil gerçekten de zorunlu olarak ele alınmalıdır.

Dahası, eğer parametrelerin mevcut değerlerindeki küçük değişmeler daha az kara deliği olan evrenlere götürecekseniz bu sırf bizim evrenimizin bir özeliğidir. Evrenimizde bu belirli özeliğin olup olmamasını tartışmamız için diğer evrenlerin asıl topluluğunun var olması gerekli değil. Bunu göstermek için, anılan özeliğin doğru olup olmadığını yalnız bu evrenin fiziği hakkındaki bilgiyi kullanarak incelemenin mümkün olduğu gerçeği kullanılabilir. Bu demektir ki, bu itirazın önerdiği gibi bu varsayımın sınanabilirliğine ilişkin hiçbir mantık sorunu olamaz.

Ama birileri şöyle düşünebilir: diyelim ki her şey söylenip yapıldıktan sonra, parametrelerdeki tüm değişmeler kara delik sayılarında ciddi değişmelere yol açarken, yalnız biri –yaşamı olanaksız kılma pahasına– orta karar bir artmaya götürüyor. O zaman da belki şu sorular sorulabilir: kuramı kurtarmak için insancı savın zayıf bir biçimini kullanamaz mıyız, yaşamın varlığıyla da tutarlı olan en olası evrende yaşadığımızı savlayamaz mıyız? O zaman da, aynı zamanda yaşamın varlığıyla da tutarlı olan en olası evrende yaşadığımızı ileri süremez miyiz?

Böyle bir durum karşısında olsaydık, aklımdan böyle bir sav ileri sürmekle yetinebileceğimizi geçiriyorum. Ama tehlikesi de, çok erken ya da çok sık uygulandığı takdirde kuramın yanlışlanabilirliğini azaltabilecek olmasında. Böyle durumlar için daha önce söylediklerimi ele aldığımızda, sanırım söylenebilecek en iyi şey, böyle bir savın yalnızca parametrelerdeki neredeyse her değişmenin kara deliklerin sayısında azalmaya yol açtığı zaten ortaya koyulmuşsa ve böylece de ancak kurama, savın öne sürülüp

sürülmemesinden bağımsız olarak inanmamız için iyi bir neden bulunacaksa uygun olabileceğidir. Bunu, destekleyen çok sayıda vaka karşısında, bir tek sorunlu vakayı ortadan kaldıran bir şey olarak ele almak mümkün olabilir. Ama bu durumdan kesinlikle epeyce uzaktayız. Şimdilik, en iyisi hiçbir vakayı, yaşam ya da bizim varlığımız için anlamı ne olursa olsun kuramın karşıtı olabilecek bir örnek diye dışlamamak.

Parametreleri gerçekten değiştirmek olanaksızken, kuramın her sınanmasının gözlem ve kuramın bir birleşimiyle yapıldığı doğru. Ama bilim felsefecilerinin de yıllardır göstermekte oldukları gibi, bilimsel her kuramın sınanması [zaten] kuram ve gözlemin bir karışımını içerir. İlke bakımından, fizik yasalarının azıcık değişmesiyle olacıklara ilişkin bir öngörüü reddetmek için kuramı kullanmaya yasak koyacak bir şey yok. Şüphesiz sınama ancak kullandığı kuramlar güvenilir olduğu kadar iyi olacak. Kozmolojik doğal seçilimi sınamak için yararlandığımız kuramlar, temel fizik deneyleri ve astrofizik gözlemleriyle kıyaslanarak sürekli olarak sınanmakta. Bu kuramlar zaman içinde daha iyiye gittikleri kadar kozmolojik doğal seçim varsayımlarının sınanabilirliği de gelişip duracaktır.

Son bir teknik itiraz üzerinde daha durulabilir. Olay ufukları üstleştirecek kadar yakınlaşırlarsa kara delikler kaynaşıp birleşebilirler. Bu, zaman zaman gerçek astrofiziksel kara deliklerin başına gelebilir. Dahası, evrenin kendisi çökerse, yaratılmış olan tüm kara delikler de bir büyük büzülmeyle kaynaşacaklardır. Soru, iki kara delik kaynaştığında kaç adet evren yaratılacağına: bir mi, iki mi?

Bu, geri sıçramayı doğuran fiziğin ayrıntılarına bağlı bir soru. Bilinmese de, yanıtın iki olması akla yakın geliyor. Eğer geri sıçramadan sonra ilk olacak şey bir şişme dönemiyse bu iyice olası.

KURAMI EVİRME ÖNERİLERİ

Şimdi de 7. Bölümde vermiş olduğum önermelerin evrilmesi amacıyla yapılan önerilerin üzerinde duracağım. Bunların götürdüğü alması kuramlar, göreceğimiz gibi, üzerinde durmakta olduğumuz kuraminkilerden farklı öngörüler yapıyor.

Bunların ilki, değiştirilecek parametrelerin uzayı olarak, standart modelin parametre uzayı yerine sicim kuramının parametre uzayını kullanmak. Sicim kuramına inanmaktaysak geri sıçramadan önceki ve sonraki fiziğin sicim kuramının bir fazıyla betimlendiğini varsaymalıyız. Sıçramanın aşırı koşulları sırasında ya fazı belirleyen parametrelerde bir değişme ya da bu fazların birinden bir diğerine geçiş olacaktır (teknik dille, bir faz, klasik teditirgenmeli sicim kuramına –örneğin bir Calabi-Yau derliliğinin betimlediği gibi– karşılık gelirken her fazı betimleyen parametreler de “modüler parametreler” olur). Bu geçişler tamamen rasgele olmayabilir. Çünkü bu, büyük olasılıkla, bir bakıma “yakınında” denilebilecek bir faza geçiş olabilir.

Bu varsayım kesinlikle incelenmeye değer, hatta sicim kuramının sınanmasına olanak sağlayacak bir sonuca bile götürebilir. Örneğin evrende kara delik üretiminin sicim kuramı parametreleri bakımından en yüksek değerinde olmadığı ama bunların sicim kuramının elverdiği değerlere kısıtlandığı bir durum olabilir. Bu, eğer iş böyleyse sicim kuramı için bir delil oluşturacaktır.

Bu fikrin peşinden gitmek için sicim kuramının parametre uzayını daha iyi anlamamız gerekir. Kuramdaki son gelişmeler ise kesinkes bu yönde: bütün parametre uzayının bağlantılı olabileceğini öneriyor. Böylece bir tür faz geçişiyle fazla boyutların, topolojileri farklı şekillerde kıvrılmış olduğu farklı kesimler arasında devinmek mümkün. Sicim kuramı gelişmesini sürdürdükçe bu öneriyi biraz ayrıntıyla incelemek mümkün olabilecektir. Böylece de o kuramın görünürdeki zaafının –yani tutarlı olarak çok büyük sayıda fazlar içermesi– aslında ciddi yeglinliği olarak ortaya konulabileceğini keşfedebileceğiz.

Önerilebilecek ikinci bir evrilme ise her bir kara delikten doğacak yeni evren sayısının kara deliğin kütlesine göre değişebilmesi. Aslında Paris’ten Claude Barrabes ve şimdi Kanada’da çalışan Rus fizikçi Valerie Frolov’un yaptığı hesaplamalar her kara deliğin içinde büyük sayılarda kara deliğin yaratılabileceğini göstermekte. Dahası, kara deliğin kütlesi arttıkça üretilen kara deliklerin sayılarının da artabileceğini öngörüyorlar. Bu hesaplamalar belli yaklaşıklıklara dayanmakta, öyle ki bunların kuantum kütleçekim kuramının öngörebileceğini sağlıklı olarak yansıttığından

emin olamıyoruz. Ama bunun kesinlikle üzerinde durulması gereken bir şey olduğuna işaret ediliyor.

Barrabes ve Frolov (1995) tarafından yapılan hesaplamalar, yaratılan evren sayısının kara delik kütlelerine nasıl bağlı olduğunu keşinkest öngörmek için yeterince güvenilir değıl. Dolayısıyla şimdilik bunun hakkında farklı varsayımlar yapabiliriz. Bunlar, birbirlerininkinden olduğu kadar bu noktaya kadar üzerinde durduğumuz –ve ona göre kütleleri ne olursa olsun her kara delik tek bir evrene yol açan– basit kuramından de ayrılan öngörüler yapan kuramlara götürüyor. Çünkü bizim evrenimizin kara delik üretiminde bir uç değere yakın olmasının ancak kara delik başına kaç evren üretildiğine ilişkin belli bir varsayım olması gereğı kolayca doğabilir.

Örneğin her bir kara deliğın içinde yaratılan evren sayısının kara deliğın kütlesiyle orantılı olduğunu varsayalım. Bu, olabildiğince küçük kütleli kara delik yaratmak için olan seçici baskıyı düşürebilir. Tüm kara delikler sayımda eşdeğer tutulsa iki küçük kara delik bir büyükten kesinlikle daha iyi olurdu, büyüğün kütlesi küçüklerinkinin on katı olsa bile. Bu durumda olabildiğince küçük kara delikleri yaparak arta kalan maddeyi yeniden dağıtan böylece de daha çok yıldız ve kara delik yapılmasına açan düzeneğ açıkça tercih edilir. Ancak, yapılan evrenlerin sayısı kara deliğın kütlesiyle orantılı olarak artarsa o zaman durum farklı olur. Bir süpernovanın savurduğu maddenin hepsi bir kara deliğe dönüşmeyeceğinden büyük bir kara deliğın birçok evren oluşturmak için aniden çökmesi kesinlikle daha iyi. Öyleyse az ama büyük kara delik yapan düzenekler daha çok sayıda küçük kara delikleri yapanlara tercih edilir.

Son zamanlarda birçok gökadanın merkezlerinde kütleleri Güneş'in en az milyonlarca katı olan kara delikler bulunduğuna ilişkin deliller olduğu bildirildi. Kara delik başına bir evren kuramına göre bu keşif pek önemli değıl, çünkü her gökada yıldızların çökmesiyle yüzlerce milyon kara delik oluşturabilir. Ama her bir kara delikte yapılan evrenlerin sayısı kara deliğın kütlesiyle hızla artıyorsa, o zaman gökadanın merkezindeki kocaman bir kara delik birçok küçüğü kadar etkili olabilir. Bu durumda ise üzerinde durduğum kuramda bulunmayan çok büyük kara delikleri yaratacak seçici baskılar olabilir.

Aslında Barrabes ve Frolov, kara deliğin kütlesi arttığında yaratılan evrenlerin de sayılarının çok çabuk –belki dördüncü kuvvet kadar bile– artacağını öneriyorlar. Bu durumda her yıldızın kara delik olmasıyla bile gökadanın merkezindeki milyon güneş kütleli tek bir kara delik bile çok daha önemli olabilir. Aslında böyle bir kuramın tercihi büyük ölçüde –yıldızların oluşumuyla ilişkili karmaşık olgular gerekmeden– parametrelerdeki değişimin bütün bir gökadanın çökerek doğrudan koskoca kara delikler oluşturmaya yönünde olabilecektir. O zaman da bu, belki olan bilgimizle dışlanabilecek bir kuramdır.

Dolayısıyla kozmolojik doğal seçilimin bu değişik örneklerini eldeki astrofizik bilgimizle bile ayırt edebiliriz. Güzel, bunun anlamı kozmolojik doğal seçilimin varsayımlarının sınanmaya açık olduğu bilimsel bir kuram olmasıdır. Daha da fazlası, bir kuantum kütleçekim kuramının, önünde sonunda kara deliklerin yeni evrenler yaratıp yaratmadığını ve kaç adet yaratıldığını umarken kozmolojik doğal seçilimi kuantum kütleçekim kuramının çeşitli örnekleriyle birlikte sınama olanağına erişme beklentimiz olabilecektir.

Eğer kitabı başlattığım soruya dönersek diğer bir tür alışıla uygun: Doğa yasaları niçin yaşamın varlığıyla uyumlu olmak zorunda? Kozmolojik doğal seçilim kesinlikle mümkün bir yanıt yolunda çok uğraşıyor. Yaşam için gerekli, karbon ya da oksijen gibi birçok bileşenin kara deliklerin üretiminin artmasında da rolü var. Ama ya kara deliklerin çoğunun astrofiziksel olarak üretimi için oluşan koşullar sonuçta yaşam için gereken koşullarla tam aynı değillerse? Parametrelerin eldeki değerlerinden küçük sapmalar olabileceği ve bunun üretilen kara deliklerin sayısını –koşulları yaşam için elverişsiz yapma pahasına– epeyce artıracak aklı yakın. Böyle bir olanak için bir aday, yalnız çok büyük kütleli ama kısa ömürlü yıldızların oluşmasıyla sonuçlanan bir değişim olabilir. Parametrelerdeki bir değişimin etkisi buysa, bunun daha çok kara deliği olan ama yaşam bulunmayan bir evren olması basbayağı mümkün.

Aslında parametrelerde bunu doğuracak bir değişim olup olmayacağını bilemiyorum. Ama varsa bunun kozmolojik doğal seçilim varsayımını yanlışlığını kanıtlayıp kanıtlayamayacağını sorabiliriz. Matematikçi Louis Crane'in (1994b) işaret ettiği gibi eğer yaşamı yaratan evrenlerin bir seçme üstünlüğü olduğu ortaya konulabilirse kanıtlayamaz. Bu olası değil gibi görünüyor

ama olanaksız da değil. Örneğin Crane çok uzak gelecekte, tüm yıldızlar sönüp gittikten sonra yaşamın süregitmesi sıcak kalmak için yeni yolların keşfine bağlı olacaktır. Uygun bir yol küçük kara delikler yaratmak olabilir. Stephen Hawking'in büyük keşfine göre kara delikler kuantum etkileriyle ısı ısıyor. Kara deliğin sıcaklığı kütlesiyle ters orantılı olduğundan istenecek şey, oldukça çok⁶ ısı yayabilmesi için yeterince küçük bir kara deliktir. Bu biraz uçuk gelse de yirmi-otuz milyar yıl sonraki akıllı yaratıkların nelere kadir olacaklarını kim bilebilir ki?

Çok uzak gelecekte, tüm yıldızlar sönüp bütün madde kaynaşıp ağır elementlere daha sonra ısınmak için bir yol bulmak pek kolay olmayabilir. Belki de bu koşullarda evrenin küçük kara delik yapabilecek yaratıklarla dolu olması olanaksız değildir. Bunlardan, yaptıkları kara deliklerin sayısı yıldızların yaptıklarını aşmaya yetecek kadar varsa bu yaşam için seçmece bir üstünlük sağlayabilecektir.

Bu, eminim bilimden çok kurguyu andırıyor. Ama şunu söyleyeyim ki bu gene de gözlemlenilecek bir varsayım. Çünkü parametrelerde tek bir değişme olsaydı ve bu hem kara delik sayısını artırma hem de yaşamsız bir evren doğursaydı kozmolojik doğal seçimle tutarlı mümkün bir açıklama, gelecekte bir zamanda canlıların bol bol kara delik yapmalarının olası olması olabilir.

Akıllı yaratıkların kara delik yapmak istemelerinin bir diğer neden Edward Harrison (1994) tarafından gösterilmişti. Eğer gelecekte bir gün kozmolojik doğal seçim yerleşmiş bir kuram olursa insanlar belki gelecekteki evrenlerde akıllı yaşam bulunma olasılığını artırmanın bir yolunun elden geldiği kadar çok kara delik yapılması olduğunu anlayabilirler. Bu da parametreleri akıllı yaşama elverişli evrenlerin sayısını artıracaktır.

Kozmolojinin açık problemlerini, bu tür fikirlere sığınmak zorunda kalmadan anlayabilmeyi umduğumu söylemek isterim. Böyle bir öneriye karşı en iyi sav belki de doğal seçilimin kendisinden geliyor: kara delik üretiminin soğurmuş olabileceği muazzam kaynakları düşündüğümüzde yeni evren yapma saplantısı olan her uygarlık, Azteklerden Stalinistlere dek kendilerini, yayanlara daha iyi bir yaşam olanağı vereceğini düşledikleri bir

⁶ Isımanın termodinamiğine göre birim zamanda yayılan ısı enerjisi, yayan cismin sıcaklığının 4. kuvvetiyle orantılıdır -çn.

gelecek tutkusuyla körletecek toplulukların yolundan gidecektir.

Kozmolojik doğal seçilimin ilk önerilişine dönersem, okuru bu ekte en azından bunun geçerli bir bilimsel kuram olduğuna ve de karşısına çıkan zorlamalara dayanmasının da pek basit olmadığı gerçeğine ikna ettiğimi umuyorum, ama fizik ve kozmolojinin parametreleriyle evrende oluşan kara delik sayısı arasında bir ilişki olmasının akla uzaklığı, durumu kolaylıkla tersine çevirebilir. Sanırım parametrelerde, kendimizinkinden daha az kara deliği olan evrenlere götüren sekiz değişme olduğu halde açıkça tam tersine yol açanların hiç olmaması gerçeği bizi çok etkileyebilir. Yeniden sayarsak, bunlar atom çekirdeklerinin bağlarını çözen ilk beş, zayıf etkileşmenin yeğinliğinde evreni süpernovasız bırakan ama gene de hidrojen den oluşturan değişme ve de kütle üst sınırını yükselten acayip-kuark kütesinin artması. Birçok diğer değişmenin de etkileri çekişme halinde bir karışım doğuruyor, öyle ki sonucun kara delik sayısında artma mı azalma mı doğuracağına eldeki bilгимizle karar vermemiz olanaksız. Bunun örnekleri, artan ya da azalan kütleçekim sabiti, elektron kütesinin azalması, zayıf etkileşmenin yeğinliğinin azalması; ki çoğunlukla helyumdan oluşan bir evren üretir ve acayip-kuarkın kütesini daha da azaltır. Astrofizik bilğimiz ilerledikçe bunların her biri kuramın geçmesi gereken bir sınama olarak kalacaktır.

Kurama almasıkların da önerilebileceği de iyi haber olup önünde sonunda aralarında karara gözlem varacak. Bu her iyi, bilimsel kuramın başına gelmelidir. Kuantum kütleçekim ve sicim kuramındaki ilerlemelerin, kara deliklerdeki kuantum etkilerine ya da parametre uzayına ilişkin değişik varsayımların, kozmolojik doğal seçilimin kendi astrofiziksel öngörülerıyla ayırd edilebilecek farklı biçimlerine götürebilme durumunu doğurabilmesini bekleyebiliriz.

Öyleyse kozmolojik doğal seçilim sicim kuramı gibi bir birleşik kuramla değil, ama yalnızca tüm parametrelerin değerlerini hiç muğlaklığı olmadan öngörecektir bir tek birleşik kuramın olacağı hipoteziyle çekişme halinde bir kuram. Gökadaların, yıldızların, kara deliklerin oluşumu gibi astrofizik süreçlere ilişkin bilğimizin artma hızına baktığımızda, eğer kuram geçersizse bunun kesinlikle kanıtlanmasının yakın gelecekte mümkün olacağından epeyce emin olabiliriz.

NOTLAR

Bu notlar çeşitli şerh, atıf ve aydınlatmalar içeriyor.

Ayrıca fazladan okunması önerilenler kaynakçada –çoğunlukla, genel okurun erişebileceği kitaplar– bulunuyor. Daha tam bir kaynak listesi internette <http://leesmolin.com/writings/life-of-the-cosmos/> sitesinde bulunuyor. Bu sitede okur, yayımlanmasından bu yana kitaba uyan konulardaki gelişmelere ilişkin bilgi de bulabilecektir.

KISIM BİR

Karışıklıktan kaçınmak için *Newtoncu* sıfatını sırf Newton'ın kendi yaptıkları için değil, bunları izleyen, elektromanyetizma dahil –sistemin tamı tamına mutlak bir uzay zamanda belirlenimci dinamik bir yasayla betimlenmesi olan temel ilkeyle yirminci yüzyıl başlarında kopuncaya dek– her şey için kullanmaktayım. Uzmanlar çoğu kez bunun yerine aynı niyetle *klasik* sıfatını kullanırlar.

BÖLÜM 3

Parametrelerin özel oluşlarında kullandığım savların çoğu insan-cı ilkenin savunucuları –özellikle Brandon Carter, Bernerd Carr ve Martin Rees– tarafından çıkarıldı. Parametrelerin birçoğunun küçüklüğüne olan kaygı Herman Weyl, Paul Dirac ve Robert Dicke'nin çalışmalarıyla başladı. Tüm bu savların iyi bir özeti Barrow ve Tipler'in (1986) kitabında bulunabilir. Bu ağırlığı deneysel gelişmelerde olan ve buradaki daha çok felsefi ilkelerin işlevini tamamlayıcı bir görüş sunmaktadır. Bunların tek bir “ötesi olmayan kuram” olma umuduna yönelik en iyi savlar Weinberg'in (1992) kitabında veriliyor.

Şimdi de standart model parametre değerleri rasgele seçilmiş bir evrende milyarlarca yıl yaşayan yıldız yapıma olasılığının hesaplanmasının ana hatlarını vereceğim. İşin içindeki altı kütleyle

başlayabiliriz: Planck kütlesi, dört kararlı parçacığın kütleleri ve kozmolojik sabitle ilgili kütle. Olasılıklarını bulmak için oranlarını ele almalıyız. Bunu yapmak için en büyüğü, yani Planck kütlesini temel alıp diğerlerini de bu kütle birimiyle ölçelim. Her birinin sıfır ile bir arasında değeri olacaktır. Diyelim ki Tanrı evreni yaratırken zar attı ve bu sayıları rasgele seçti.

Yıldızların ömürleri proton kütlesinin Planck kütlesine oranına bağlıdır. Onların milyarlarca yıl yaşaması için bu oranın 10^{-19} 'dan küçük olmasını gerektiriyor. Bunun rasgele olabilmesi için olasılık 10^{-19} 'da bir. Çok sayıda çekirdek olması için nötronun kütlesi protonunkine yakın, elektronunkiyse binde biri mertebesinde olmalıdır. Nötron kütlesinin protonunkine yakınlık derecesinin birkaç elektron kütlesi kadar olmak gerektiğini görmüştük. Bu demektir ki elektronun ve nötronun kütleleri Planck birimleri cinsinden 10^{-22} 'lik bir kesinlikle çıkmalıdır. Aynı şey nötrinolar için de gerekir. Bunun üç zar atımı için gerçekleşme olasılığı 10^{-22} 'nin kübü yani 10^{-66} 'ya eşittir. Buna proton kütlesinin olduğundan daha büyük olmama olasılığını da katarsak 10^{85} 'te bir gibi bir olasılık buluyoruz.

Bir de kozmolojik sabiti hesaba katmamız gerekli. Çünkü eğer fazla büyükse evren yıldızların oluşabileceği kadar uzun yaşayamaz. Evrenin en azından gökadalının oluşmasına kadar yaşayabilmesi için kozmolojik sabit 10^{-60} 'tan küçük olmalıdır. Bu sayıyı rasgele elde etmenin olasılığı ise 10^{60} 'ta bir. Önceki sonuçlarla birleştirdiğimizde ise 10^{145} 'te bir gibi bir olasılıkla karşılaşırız.

Kütleçekimsel olmayan etkileşmelere de değinmeliyiz. Bunların yeğlilikleriyle başlarsak olasılıkları gene oranlar cinsinden hesaplayabiliriz. Gene en yeğini olan yeğlin etkileşmeyi ele alırsak bu yukarıdaki olasılığı 10^{-4} 'le çarpar, bu da 10^{-149} verir. Son olarak kuvvetlerin erimlerini ele almalıyız. En uzun elektrik olup bu en az evrenin yarıçapıdır. Çekirdek etkileşmesinin eriminin evrenin yarıçapına oranı en çok 10^{-40} kadar; çekirdek yarıçapı da bu mertebededir. Bu minik oranların rasgele oluşma olasılığı da 10^{80} 'de bir olacaktır. Bunu önceki sonucumuzla birleştirdiğimizde de bizimki gibi evrenin, yani milyarlarca yıl yaşayan yıldızlarıyla bunun için de aşağı yukarı bizimki gibi bir atom ve çekirdek fiziği olacak bir evrenin olasılığı –standart modelin parametreleri rasgele seçilecekse– en çok 10^{-229} 'da bir olabilir.

Okur G , c ve sabitlerindeki değişmelerinin niçin ele alınmadığını sorabilir. Düşündüğümüz yapı diğer niceliklerin kıyasla ölçülecekleri çakılı bir sabitler takımı bulunması. En işe yarayanı ise bunu G , c ve olarak almak. O zaman da tüm diğer nicelikler Planck birimleri cinsinden ölçülür.

BÖLÜM 4

Leibniz'in düşüncesi ile modern fizik arasındaki ilişki hakkında bir hususu açığa kavuşturmanın zamanı. Leibniz hakkında bir filozof olarak herhangi bir kapsamlı ya da özgün bir şey söyleme niyetim yok. Savunduğum şey, Leibniz'in felsefesinin yirminci yüzyıl fiziğinin kimi kilit kavramlarına felsefi dürtü sağlamış olması. Bunlar öncelikle onun uzay ve zaman için ilişkisel kavrayışı kadar yeterli neden ve ayırt edilemeyenlerin özdeşliği ilkeleri. Ancak, Leibniz'in felsefesinde modern fizik için yersiz görünen –idealizmi ve monadlarının gerçek etkileşmelerinin olmaması gibi– birçok şey de var. Leibniz'den fizik için esin veren parçaları almakla felsefesinin bu diğer yanlarını alma yükümlülüğüm yok.

Ayrıca vurgulamalıyım ki ayar ilkesini, burada yaptığım gibi Leibniz'in felsefesi aracılığıyla sunup doğrulayabilirken, bunun fikri geliştirenlerin çoğunun kullandığı hatta önem verdiği bir şey olduğunu savunduğum izlenimi verme niyetim yok. Herman Weyl, Einstein gibi fizikçiler Leibniz'le başlayan felsefe geleneğinden etkilenmişlerdi, ama ayar değişmezliği ve genel görelilik icat edilir edilmez felsefi savlarla değil açıklayabilecekleri şeyler için benimsendiler.

Okura, Leibniz'in uzay zaman felsefesinde yanıldığını ileri süren ve Kant'la başlayan uzun bir gelenek olduğunu da söylemezsem hata olur. Örneğin Kant, *Saf Aklın Eleştirisi*'nde Leibniz'in uzay ve zaman hakkındaki ilişkisel felsefesinin temeli olan yeterli neden ilkesini çöktüğünü savunuyor. Bilgelerin, birbirleriyle tartışılırken bir filozofun kendi savlarını ortaya ne çapta koyup koymadığında anlaşılamayacakları kesinlikle doğru. Ben yalnız, amacı filozofların yazdıklarını fikir ve esin kaynağı olarak kullanan bir bilim insanı olarak konuşabilirim. Böyle olunca da şahsen Kant'ın hem uzay ve zaman hem de Leibniz'e ilişkin söylediklerini

ne ikna edici ne de esinlendirici buluyorum. Kant'ın kullandığı kimi savlar Leibniz'in yadsıyacağı ayırt edilebilirlikler olduğunu –bir şeyin nerede olduğu ya da sol-ellilik ile sağ-ellilik arasında mutlak bir ayırt edilebilirlik olması gibi– varsayar görünüyor.

Eğer bir felsefi savın kanıtı, bunun sonunda bilim için elverişli olmasıysa o zaman sanki Leibniz Kant'tan daha ilginç görünüyor. Bu fikri sonuçta hem genel göreliliğe hem de topoloji ve simgesel mantık gibi matematikteki derin gelişmelere yol açtı. Kant'ın uzay ve zaman üzerine yazdıkları ise hem Newton mekaniğinin hem de Öklit geometrisinin mantıksal gerekliliğini ortaya koyduğunu savunmakta. Benim için ise, esine gereksindiğimde hangi yazara gireceğim hususunda hiçbir zorluk yok.

Bu belki felsefi bir saflık işareti, öte yandan Kant'ın, içinde ötesi olmayan sonuçlara erişilecek ve evren hakkında algılayabileceklerimizi bir kerede sınırlayacak bir söylem çevresi tanımlama sanısını –bunların Kant'ı, artık yanlış olduklarını bildiğimiz sonuçlara götürmüş olduğu gerçeğini kenara koysak bile– akla hiç yakın bulmuyorum. Bunun ötesinde bütün bu sunuşta bir eksiklik varmış gibi geliyor: yazılış hantal ve kabayken, stil ise çözümlemleri aslında henüz yapılmamış kavramsal ve matematiksel keşifleri gerektiren bulmacaları çözmek için kelimelerin yeterli olduğunu zembille inmiş sanan birisinininki gibi. Kant'ın en rahatsız edici yanı gelecek için hiç yer bırakmadığını hissettirmesi. Sanki bilimin ve felsefenin en derin sorunlarını çözmek için gerekli her şey bilinmekteymiş gibi yazmış. Bilmedikleriyle baş etmek için de bir sınıflandırmalar bolluğu ve sözel ayrımlar bulunuyor; bir de sırf kafa karışıklığının ve bilgisizliğin itirafı yeterliyken –ki bu dürüst bir bilim insanı için ayıp sayılmaz– diyalektik zıtlasmalar kurmakta ısrarlı olmakta.

Bunun bir örneği Kant'ın *Saf Aklın Eleştirisi*'ndeki karşıtlıklar olup her birinde iki sav sunulmakta: Biri zaman ya da uzayın sonsuz olduğu sonucuna götürürken diğeri zıt vargıya. Kant için bu savlar akılcılığın gücünün en uç sınırlarını göstermekte. Ancak bu vakaların uzayın sonluluğu ya da sonsuzluğu gibi birçoğunda ikilemin o sıralarda bilinmeyen yeni bir fikrin icadıyla çözüldüğünü biliyoruz. Gerçekten de bu karşıtlıkların çok benzerlerini 7. Bölümün girişi gibi birçok yerde kullandım. Ancak, okurdan,

bunların yeni kavramsal fikirler ileri sürmek ya da böylesi fikirler için gereksinme belirtmek olan kullanılma biçimlerine dikkat etmelerini diliyorum.

BÖLÜM 5

1995 ve 1996 boyunca, bu kitabın bitmesinden hemen önce sicim kuramında birçok sıkı gelişme oldu. Bunlar sicim kuramlarından bazılarının, başta farklı oldukları sanılırken aslında farklı değişkenler cinsinden ifade edilen aynı kuram oldukları, dolayısıyla da farklı kuramların sayısını azaltmak olduğunu ileri sürüyordu. Ayrıca değişik tedirgemeli sicim kuramlarıyla betimlenen fazlar arasında geçişler olabileceği de keşfedildi. Bir diğer şaşırtıcı sonuç ise belli bir takım kara deliklerin kuantum betimi için sicim kuramı kullanılmasının mümkün olması (öyle bir gelişme ki sicim kuramının, doğrunun en azından bir kısmı olmadığına inanmayı çok zorlaştırıyor).

Bu çalışma sürerken sonucun ne olacağını kestirmek şüphesiz olanaksız. Şimdilik sonuçlar sicim kuramında kimi hesapların tedirgenmesiz olarak yapılmasına olanak veriyor. Bu da kuramın, en azından tedirgenme kuramının ötesinde de var olduğu hakkında kuvvetli delil sağlarken kuramın tedirgenmeli olmayan bir yapısını bulma sorununu iyice acıleştiriyor. (Tedirgenme kuramı, ufak bozuklukların kararlı ve düzgün bir ardalanda gittiği durumlarda uygulanan bir yaklaşıklığın adıdır. Tedirgenmesiz biçimlenme ise her durumda uygulanabilir.) Tedirgenmesiz biçimlenmenin burada üzerinde durduğum problemleri çözüp çözemeyeceğine –böylece de uzayın boyutu ve temel parçacıkların özellikleri için eşsiz öngörülere götürüp götürmeyeceğini– gelince görüşler şimdilik ayrık. Bu olabilir çünkü bu sicim kuramlarında, doğada doğrudan görünmeyen bir simetri bulunuyor: süper-simetri. Evreni betimlemek için süper-simetrinin kendiliğinden kırılması gerekir. Bu olgu zayıf etkileşmenin simetrisini kıran Higgs düzeneğine benzer bazı süreçleri içeriyor. Sicim kuramının, süper-simetri kırılmadığı kadar kuramın saptamadığı bir parametre takımıyla adlandırılan birçok tutarlı gerçeklenimleri olduğu açıkça görünmekte. Böylece bu düzeyde sicim kuramının da tıpkı standart modeldeki gibi bir

serbest parametre sorunu bulunuyor. Bu sorunu kuram çözecekse bu bir şekilde süper-simetrisinin kırılmasıyla nasıl ilişkilendirildiğine bağlı olmalıdır. Şimdilerde bunun hakkında birçok farklı öneri üzerinde çalışılmakta. Ama henüz hiçbirisini yeğlendiği görünmediği gibi, süper-simetrisinin kırılması için doğal bir neden de ortaya çıkmadı. (Demek istediğim kuramın iç dinamiğinin sonucuna dayanan bir neden. Eğer kuram doğayı betimleyecekse kırılma zorunlu.) Simetri kırılmasının parametrelerin serbestliğini azaltacağını ya da kaldıracağını iddia etmek akla yakın geliyor, bunun sonucunda da birçok sicim kuramcısı kuramın önünde sonunda standart model için tek bir parametre takımı öngörebileceğine inanmakta. Aynı zamanda parametre probleminin süper-simetri kırılmasıyla çözülememesi de mümkün. O zaman da süper-simetrisinin kırılmasından sonra sicim kuramının pek çok tutarlı betimi olacak. Bu durumda eğer sicim kuramı gerçek evren hakkında öngörülere götürecekse İkinci Kısımda önerdiğim gibi bir kozmolojik düzenek gerekecek. Dolayısıyla en en azından gereksizliği kanıtlana dek, özellikle de gerçek evrene ilişkin –İkinci Kısımda yaptığım önerideki gibi– yanlışlanabilir öngörülere götürebiliyorlarsa böyle düzenekler üzerinde çalışmanın akla yakın olacağını öneriyorum.

Sicim kuramı tek tür öngörüler yapamasa bile gene de doğru ve yararlı olabilir. Kuantum elektrodinamiği kuramı (QED) yüklü parçacıkların etkileşmelerini betimler, böylece de ilke bakımından tüm metallerin ve yarı-iletkenlerin özelliklerini öngörür. Ama bize hangi malzemenin uzayın hangi bölgesinde bulunacağını ve hangi fazda olacağını söylemez. Bunu bilmek için evrenin geçmişi hakkında bir şeyler bilmemiz gerekir. Sicim kuramının evrenin çok sayıda farklı ve mümkün gerçeklenimlerinden ya da fazlarından, uzay ve zamanın bir bölgesinde yer alabilecek herhangi birinin geçmişine bağlı olarak betimlenmesi bana oldukça mümkün görünüyor. Bu durumda da kuramın doğru olup olmaması tıpkı QED’de olduğu gibi tek tür öngörüler yapmasına bağlı değildir. Gene de şüphesiz önünde sonunda sınanabilecek bazı muğlak olmayan öngörüler yapmasına bağlı olacaktır, ama böyle sınamaların önünde sonunda yapılabileceğine inanmak için hiçbir neden yok.

O zaman da arta kalan, sicim kuramının kilit problemi olarak bir tedirgenmesiz ve değişmez bir uzayzaman ardaalanının varlığına bağılı olmayan bir biçimlendirmesini yapılandırma gereğı. Benim kendi görüşüm ise bunun, kuantum kütleçekimine, holografik varsayım ve spin ağılarıyla ifade edilen kesikli uzay geometrisi gibi diğere yaklaşımlardaki keşiflerin bir araya getirilmesini gerektirdiğı yönünde.

Şüphesiz başka ne olursa olsun temel parçacık fiziğindeki parametrelerin sayısını azaltacak ilkeler bulunabilmesi mümkün. Bunlar sicim kuramından da bir büyük birleştirme kuramından da gelebilir. Aslında Dimopoulos, Hall ve Raby'nin önerdikleri ilginç bir süpersimetrili büyük birleştirme kuramı standart model parametrelerinin sayısını 6 kadar azaltıyor. Bu özge varsayımın henüz keşfedilmemiş bir ilkeyle doğrulanmasının ne denli gerektiğı tartışmaya açık olsa da standart modelin tüm parametrelerinin bağımsız olması da pek olası görünmüyor. Ama serbest parametrelerin sayısı sıfıra indirgenemedikçe dünyamızı açıklamak için kozmolojik doğal seçim gibi bir düzenek gene gerekli olacaktır.

KISIM İKİ

BÖLÜM 6

Okur kuantum etkilerinin kara deliklerdeki tekillikleri niçin yok edebileceğini ileri sürdüğümü merak edebilir, ama bu etkilerin kara deliklerden ışığın kaçamadığı ufukları da yok edebilme olanağı hakkında hiçbir şey söylemiyorum. Çünkü astrofiziksel kara deliklerin ufukları kütleçekim alanının pek yeğın olmadığı bölgelerde yer alıyor, dolayısıyla kuantum etkilerinin önemli bir rolü olmasını beklemek için bir neden yok. Bunu dedikten sonra, kuantum etkilerinin ufku çok uzun dönemlerde yok etmesi ya da evirmesi için bir olanak var. Astrofiziksel kara delikler için bu süre en az evrenin şimdiki ömrünün 10^{57} katı. Bu, kara deliklere çok düşük sıcaklıktaki sıcak cisimler gibi ışık ısıtan Hawking süreci yüzünden oluyor. Kendi başına kaldığında her kara deliğın kütlesini bu süreçle ısıyarak atacağı beklenir. Sonra ne olacağı ise çarpıcı bir soru olup, son yirmi yıl içinde pek çok çalışma yapılmasına kar-

şın çözüme direnip durdu. Kara deliğin içinde hapsolmuş ışığın önünde sonunda kaçması mümkün. Olabilecek bir şey, böylesine uzun süreler sonunda değişik kara delikler içinde yaratılan evren bölgelerine birbirlerinden erişilebilmesi. Böylece bu hipotezler doğru olup da 10^{67} yıl beklersek evrenimizdeki bir kara deliğin içinde yaratılmış bir evrenin parçalarından gelen ışığı görebiliriz (onlardan 10^{67} ışık yılı ötede olsak bile belki oradakiler de bizi görebilir). Öte yandan kara deliğin 10^{67} yıl içinde yok olması da mümkün. Böylece de içindeki evrenden tamamıyla koparız. Tek umudumuz sonra ne olacağı hakkındaki kuramsal problemin o zamana kadar çözülmüş olması.

Niçin makul fiziksel koşullardaki hiçbir nesnenin kütleçekim dalgalarına karşı opak olabildiği probleminin üzerinde Smolin (1985)'te durulmakta.

BÖLÜM 7

Kozmolojik doğal seçim Smolin (1992a)'da önerilmiş olup bunun üzerinde Smolin (1992b, 1994b ve 1995a)'da durulmaktadır. Varsayım, Davies'in (1991), Dennet'in (1995) ve Halperin'in (1995) kitaplarıyla Ellis'in (1993), Rothman ve Ellis'in (1993), Smith ve Száthmary'nin (1996) ve Barrow'un (1996) makalelerinde tartışılmakta. Okur tekillikler ve kuantum kütleçekim probleminin başka sunuluşlarını Penrose (1989)'da bulabilir. Şişme ise Linde (1994) ile Kolb ve Turner (1990)'de betimlenmekte.

Öneriyi yaptığımdan bu yana farkettim ki doğa yasalarının doğal seçilime benzer bir süreçle evrilmiş olduğunu düşleyen ilk kimse değilmişim. Bildiğim kadarıyla ilk böyle bir öneriyi Peirce (1891) yapmış. Parçacık kuramcısı Yoichiro Nambu (1985) farklı kuşakların temel parçacıkların evrildiği bir sürecin fosilleri olabileceğini ileri sürüyor. Andrei Linde (1994) sık sık içinde birçok evrenin evrildiği şişme modelleri üzerinde yazmakta ama evrenimizin parametrelerini açıklamak için doğal seçim düzeneğini değil zayıf insancı ilkeyi kullanıyor.

Kuantum etkilerinin, tekillikleri ortadan kaldırdığı ve çöken evrenleri ve yıldızları geri sıçrattığı varsayımı çok eski olup yirminci yüzyıl başlarındaki kozmologlara gider. Bu önerinin mo-

dern tartışmaları Frolov, Markov ve Mukhanov (1989, 1990)'da ve Barrabes ve Frolov (1995)'te bulunuyor. Sicim kuramının, tekilliklerin sıçradığını öngördüğünü söyleyen iki senaryo Emil Martinec tarafından önerilmişti. John Wheeler'in, parçacık fiziğinin parametrelerinin her yeni evrenin doğumunda değişebileceğini öneren öncü fikirleri Wheeler (1974)'te betimlenmekte.

Doğal seçim ilkeleri Dawkins'in (1986) ve Dennett'in (1995) yapıtlarında betimlenmekte. Dawkins'i Lovelock (1979, 1988) ve Margulis ve Sagan (1986) ile birlikte okurken, sicim kuramının temel parçacıkların özelliklerini öngörmekteki başarısızlığıyla yüzleşmek, Smolin (1992a)'da betimlenen modelin icadı için anında bir esin kaynağı olmuştu. Uyumluluk arazisi betimlerinin kullanılması Dawkins (1986) ve Kauffman (1995)'te bulunuyor.

BÖLÜM 9 VE 10

Sunmuş olduğum gökadarlar, yıldızlar ve yıldızlararası ortamın görünüşü Elmgreen'in (1992a, 1992b) birkaç makalesinde yerleştirilmiştir. Daha çok kaynak, spiral gökadarların bu görünüşünü daha bir ayrıntıyla geliştiren Smolin (1995b, 1996)'da bulunabilir. Gerola Schulman ve Seiden'inki ile Elmgreen ve Thomasson'un modellerinin bulunduğu makaleler, kaynakçada adlarıyla listelenmiştir. Astrofizik ve kozmolojinin bugünkü durumunun iyi bir sunumu Bahcall ve Ostriker (1996)'da toparlanmıştır.

KISIM ÜÇ

Yeniden vurgulamak isterim ki, kitabın bu kısmında ileri sürülen felsefi hususları anlayışımın kapsamı, dostlarım ve meslektaşlarıyla görüşmelerimde edindiğim içgörülere dayanmakta. Hepsinin üstünde Julian Barbour'un, Leibniz'in ilişkisel uzay-zaman kavrayışının merkeziliği ve genel görelilik ve kuantum kütleçekim için özeliği görüşleri, kitabın bütünündeki düşüncelerimin çoğunun altında yatıyor. Stanley Rosen ve Kay Picard'a da, beni Platon'un tersinen kozmos mitosuna kadar Boskovich'in Nietzsche'den etkilenmesi hususunda aydınlattığı için teşekkür etmek istiyorum. Bunlarla ve Paola Brancaleoni ve de Drucilla Cornell'le olan görüşmelerim

bana Nietzsche'den Derrida'ya uzanan düşünce akışını –ne kadar az olursa olsun– anlayışımı verdiler.

BÖLÜM 11

Burada sunulan yaşam görüşü Harold Morowitz'ın (1986, 1987, 1992) etkilemesine çok şey borçlu. Onunla bir lisans öğrencisi olarak karşılaşmam konuya olan ilgimi çok etkiledi. Bana bir de paha biçilmez bir öğüt verdi: iyi bir bilim insanı anlamak istediği sorulara odaklanır ve bunu yerine getirmek için zaten bildiği tekniklerle çözeceği problemleri aramak yerine her bir tekniği öğrenmeye isteklidir. Diğer birçoklarının yanı sıra kaygılandığım şey Schrödinger'in (1945) aynı adlı kitabından esinlendiğim *Yaşam Nedir?* sorusu. Stuart Kauffman'la son görüşmelerimiz de burada sunulan fikirleri etkiledi.

Gaia hipotezi, Lovelock (1979, 1988) ile Margulis ve Sagan (1986)'da sunuluyor. Doğal seçilimin, toplu olguların öneminin keşfine götüren kuramsal modellerini ise Stuart Kauffman (1993, 1995), Bak ve Sneppen, Bak ve Paczuski (1994), ile Paczuski, Maslov ve Bak (1994) geliştirdi. Evrimde ortakyaşamın rolü Margulis (1981) tarafından önerilip kanıtlandı. Evrim kuramcıları arasındaki tartışmalara uyartıcı bir pencere Brockman (1995)'te bulunmakta.

Burada sunulan farklı, depolanmış bilginin varlığına dayanmayan yaşam tanımları düşlemek mümkün. Belki de dengeden çok uzak istatistik fiziksel sistemlerin daha derinden anlaşılmasının bizi depolanmış bilgi düzeneklerinin evrimini kendi kendini örgütlemenin daha derin bir ilkesinin sonucu olarak görmemizi sağlayabilecektir.

BÖLÜM 12

Kritik sistemler ya da yeniden normalize etme grubu hakkında hiçbir popüler kaynak bilmiyorum, oysa bu fikirler fiziğin gelişmesinde, haklarında çok şeyler yazılmış olan kaos gibi fikirlerden çok daha etkili oldular. Kendiliğinden örgütlenmiş kritiklik Bak, Tang ve Wiesenfeld tarafından ileri sürülmüş olup Bak'ın bir ki-

tabında (1986) betimlenmekte. Holger Nielsen ve meslektaşlarının rassal dinamik üzerine makaleleri Frossatt ve Nielsen (1991)'de bulunmakta. Bana öyle geliyor ki sonunda yanıtın sicim kuramı ya da büyük birleştirilmiş kuram olacağına inanılsa bile bu makalelerdeki uyarıcı ip uçları ve öneriler üzerinde kafa yormaya değer. Evrenin bütünüyle bir kritik sistem olarak kavranma olanağı hakkında daha çok tartışma da Smolin (1995b)'de.

BÖLÜM 13 ve 14

Matematiğin temelleri hakkındaki fikirler kısmen –topolojiyi mantığa yerleştirerek kendine dayanma çelişkilerinin standart olmayan mantıklarda yapının betimine göstermiş olan– matematikçi Louis Kauffman'ın çalışmasından esinlenildi. Yaptığı daha özgül şey, düğümlerin çizimlerinden okunabilecek bir mantık için bir notasyon geliştirmiş olması. İlgili fikirler Gregory Chaitin ve Gregory Bateson tarafından da ifade edilmişlerdi. Ayrıca John Baez ve Louis Crane'e de matematikte temele ilişkin problemlerle kuantum kütleçekim ve sicim kuramında kullanılan matematiğin kategorik temelleri arasındaki ilişkileri üzerinde görüşmelerimiz için teşekkür borçluyum.

Vurgulamalıyım ki, burada da, izleyen bölümlerde de, dine de Hristiyanlığa da saldırmıyorum. Yapmaya uğraştığım –ki bunun bir kısmı onların tarihsel kökenlerini bulmayı içeriyor– bilimin gelişmesini kösteklediklerine inandığım metafizik önyargıları anlamak. Son dört yüz yılda Avrupa'da gelişen bilimlerin metafiziksel varsayımlarının, bu uygarlığı oluşturan dini hem açık hem de örtülü olarak yansıtmaması çok tuhaf olurdu. Dolayısıyla Hristiyanlara ya da diğer inançları benimseyenlere karşı hiçbir olumsuz tutumum yok. Tek karşı olduğum şey ise, modern bilimin bir şekilde metafizik varsayımlarla ilişkisi olmadığı savlarına karşıyım; çünkü bu, bu varsayımları sorgulamanın bilimin kendisine bir dil uzatma olarak algılanması gibi kafa karıştırıcı bir durum yaratacaktır.

Şüphesiz kendi dini ve felsefi inançlarının, bir bilim insanını soru ya da araştırma problemlerini seçiminde yönlendirmesinde bir yanlışlık olamaz. Bu, sıradan bir şey ve hemen hep olmakta ve

bilimi belki de, kösteklediği kadar desteklemekte. Gerçekten de Feyerabend'in (1975) ileri sürdüğü gibi insanlar, iyi bilim yapmak için gereksindikleri enerji ve yüreklilik için belki de daha kapsamlı fikirlerle yönlendirilmeli. Böyle olunca tek istenebilecek şey insanların kendi görüşleri hakkında olabildiğince açık olmaları. Sonunda bir şeyin yararlı ya da doğru olup olmadığına kararı biz değil bütün toplum verecektir.

13. Bölümün başındaki alıntı Roberto Unger Mangabeira'dan (1987, s. 180). Alıntı, Büyük Patlama dediğimiz kozmolojik modelin felsefe ve toplumsal kurama olan ergilerinin üzerinde durulan ilginç tartışmanın sonunda yer alıyor. Bu tartışmada şöyle diyor: "şimdiki evrenin özelliklerini geriye, başlangıcında olması gereken özelliklerine kadar izleyebiliriz. Ama bunların herhangi bir evrenin sahip olabileceği yegâne özellikler olduğunu gösteremezsiniz. ... Önceki ya da sonraki evrenlerin bütünüyle farkı yasaları olabilir." Bir Anka evrenin varlığı olanağı üzerinde durarak, "Standard modelin bu döngüsel uzanımı içinde evrenin bir geçmişi var. Doğa yasalarını belirtmek tüm mümkün evrenlerin tüm mümkün geçmişlerini betimlemek ya da açıklamak demek değildir. Yasa gibi açıklamalarla, bir kerelik tarihsel dizilişin anlatılması arasında yalnızca bağıl bir ayırım bulunuyor." Bir toplum ve hukuk kuramcısının kozmolojiden bu tür sonuçlar çıkartması Sonsöz'de değindiğim sıradan temaların varlığını akla getirmekte.

Modern toplum kuramı ile bilim arasındaki diğer bir ortak tema, Niklas Luhmann (1987) ve Drucilla Cornell'in (1992) toplumun bir "kendini yaratıcı" yani kendiliğinden örgütlenlenmiş bir sistem olması fikrinin incelenmesidir. Cornell'e göre "kendini yaratmanın merkezdeki tezi, ... yasal önermelerin ve normların, iletişimin bir kendiliğinden üretilmiş –hem dış çevreyle ilişkisini tanımlayan hem de kendisine kendi savunma düzeneklerini sağlayan bir sistem– içinde anlaşılacak gerektiği. Kendini yaratma, yasayı tam normatif toparlanmayı epistemolojik yapısalılık aracılığıyla ulaşan bir özerk sistem olarak saklıyor. ... Yasa, yasal gerçekliğin tutarlılığını kendi iletişim sisteminin tekrarlılığı üzerinden sürdürmekte." (s. 122). Birkaç sayfa sonra zamanı bir alt sistemin çevreden farklılaşmasından doğan bir şey olarak anlıyor, "Sistem ile çevresinin ayırımı, sistemin kaçınılmaz bir zamanlaş-

ması olması demektir.” (s. 125). Belki yanlış okuyorum ama bu gibi tartışmalarda duyduklarım, kuantum kütleçekiminde, nelerin 4 ve 5. Kısımlarda üzerinde durduklarım gibi fiziksel olarak gözlemlenebileceğini anlama girişimlerinde ortaya çıkan sorunlara olan analogiler.

BÖLÜM 15

Teoloji ve insancı ilke arasındaki ilişki üzerinde Ellis’in ve Barrow ile Tipler’in (1986) kitaplarında durulmakta. Gökadada başka akıllı yaşamın bulunmaması Barrow ile Tipler’de ve Zuckerman ve Hart’ın (1995) derledikleri makalelerde tartışılmakta. Gökadayı keşif için zaman ölçeği tahmini Eric Jones’in Zuckerman ve Hart (1995)’ten ve Barrow ile Tippler (1986)’dan geliyor. Gökadada akıllı yaşamın olmaması için önerilen sav karşılaştıklarım arasında en tuhafı: azıcık, on yaşında bir çocuğun henüz seksi yaşamadığı için onun bir mitos olduğuna karar vermesine benziyor.

KISIM DÖRT

Uzay ve zaman fikirlerinin tarihini en iyi ele alındığını bildiğim kitap Julian Barbour’unki (1989). Genel göreliliğin Leibniz’in uzay ve zamanın ilişkisel kavrayışını tamı tamına gerçekleştirdiği görüşü önceki tözsel görüşlere öncelik kazandırmaya başladı, bilim felsefecilerinin değilse en azından göreliliği uygulayanlar açısından. Bu büyük çapta, Julian Barbour ve John Stachel’in (1986, 1989) tarihsel ve felsefi çalışmasının etkilemesi sayesinde oldu. İlginçtir ki görelilikçilerin kullandığı notasyonda, özgün koordinat temelli koordinatlardan, Misner, Thorne, Wheeler ve Wald’in etkileyici ders kitaplarında örneklenen, koordinattan bağımsız geometrik notasyonda bir kayma önemli bir rol oynadı.

Kuantum kuramının yorumu problemi üzerinde okurun kilit problemlere ilişkin izlenim edinebileceği pek çok kitap bulunuyor. Konuyu ciddi olarak çalışacak bir öğrencinin, kuramı başlatanların –Heisenberg (1989) dahil ve özellikle Bohr (1958)– üzerine yakından çalışmayı boşlamaması gerekir. Kuantum mekaniğine Bölüm 19’daki yaklaşımda Rovelli’den (1996) etkilenildi.

Tarihsel kesinlik açısından Bölüm 18'deki öyküyü eğitsel kolaylık bakımından biraz basitleştirdiğimi söylemeliyim. Özellikle Galileo'nun inandığı eylemsizlik ilkesi günümüzdekinden değişik: kendi başına bırakılan nesneler doğru çizgiler boyunca değil Dünya çevresinde tam çemberler üzerinde giderler. Bu, yeni fikirlerin, çoğu kez nasıl ilk önce eski kavramsal çerçevenin kalıntılarıyla karışarak doğduğunun mükemmel bir örneği.

KISIM 5

Kuantum kuramının yorumuyla ilgili problemlere kuantum kütleçekim üzerinde çalışanlar çok ilgi göstermekte. Bunun ana sebebi, kuantum kuramının kozmoloji için genişletilmesi. Bu soru üzerinde duranlar çok evren yorumuna ilişkin paha biçilmez görüşleri DeWitt ve Graham'ın (1973) kitabında bulacaklar, ama Penrose (1989, 1994), Shimony (1986) ve Smolin (1983, 1986)'da sunulan zıt görüşler de göz önüne alınmalı. Yersel olmayan saklı değişkenler kuramına bir yaklaşım ise Smolin (1983, 1986)'da. Son yıllarda tutarlı geçmişler yorumları hakkındaki öneriler çok tartışıldı. Dwyer ve Kent'in eleştirileri, doğal seçilimin gördüğümüz evrenin – Gell-Mann ve Hartle'in önerdikleri gibi doğru ölçeklerde Newton fiziğine uymasından sorumlu olabilmesi üzerinde kafa yormak istenmedikçe– müthiş görünüyor. Kuantum kuramının kuantum kütleçekimini kapsayacak gibi evirilmek gerekmesi görüşü en zorlu şekilde Penrose (1989, 1994)'te ileri sürüldü. Şunu vurgulamalıyım ki bu uzmanların kuvvetle anlaşılmadığı bir alan.

Kuantum kozmolojinin burada betimlenen çoğulcu yorumu Louis Crane (1994, 1995), Carlo Rovelli (1995) ve de yazarın makalelerinde geliştirilmiştir. Kategori kuramının kuantum kütleçekim ve kozmolojiyle bağdaşabilir olduğu önerisinden Louis Crane sorumlu. İlgili matematiksel gelişmeler Louis Crane'in Igor Frenkel ve David Yetter'le işbirliğiyle yaptıkları kadar John Baez, John Barrett ve meslektaşlarının makalelerinde bulunuyor. Holografik varsayım, Jacob Bekenstein'in sonuç ve sanatlarından esinlenerek Gerard t'Hooft ve Leonard Susskind'den.

Einstein'ın kesikli fizik hakkında spekülasyon yaptığının keşfi John Stachel'in tarih araştırmalarından. Burada betimlediğim

gelişmeler Abhay Ashtekar'ın icat ettiği ve yapıldığından beri kuantum kütleçekimindeki önemli çok çalışmanın temeli olan formalizmle başladı. Halka gösterimi QCD¹ için Rodolfo Gambini ve Antony Trias tarafından bağımsız olarak, kuantum kütleçekim için de, Carlo Rovelli ve yazarın, Ted Jacobson ve Paul Renteln ile birlikte daha önce elde ettiğim sonuçlara dayanan çalışmalarla elde edildi. Halkaların rolü, bunları ilk önce QCD'ye uygulamış olan Alexander Migdal, Alexander Polyakov ve Kenneth Wilson'un çalışmalarından esinlendi. Burada betimlenen kesikli kuantum geometriyi Carlo Rovelli ve yazar icat ettiler. Renata Loll ve Michael Reisenberger'in eleştirileri ve önerilerinin de önemli rolleri oldu. Bu olgulardan esinlenmiş ve de onları onayan ilişkili bir takım kesin matematiksel sonuç Rayner, Abhay Ashtekar ve Chris Isham ile John Baez ve Abhay Ashtekar, Jurek Lewandowski, Don Marolf, Jose Muraao ve Thomas Thiemann tarafından geliştirildi. Halka görünümünün biraz değişik ama yakından ilişkili bir gelişmesi Rodolfo Gambini, Jorge Pullin ve çalışma arkadaşları tarafından yapıldı. Katkıları, önerileri ya da eleştirileri paha biçilmez olan diğerleri arasında Roumen Borissov, Berndt Bruegmann, Riccardo Capovilla, John Dell, Viqar Husain, Hideo Kodama, Jun-iche Iwasaki, Karel Kuchar, Seth Major, Fotini Markopoulou, Lionell Mason, Vince Moncrief, Ted Newman, Roger Penrose, Jorge Pullin, Chopin Soo, Edward Witten ve Joost Zegwaard bulunuyor.

En sonda da kuantum kütleçekiminde burada değinmediğimiz birçok ilginç gelişmeler olduğunu söylemek gereksiz. Bunların en ilginçleri arasında Alain Connes'in komütatif olmayan geometrisi, David Finkelstein'in uzayzaman kodu, Roger Penrose'un burgaç kuramı, Fritelli, Kozemeh ve Newman'ın sıfır yapı yaklaşımı ve Rafael Sorkin ve meslektaşlarının nedensel kümeleri bulunuyor. Bu alandaki fikir ve teknik gelişmelerin çeşitliliğine gerektiğince adil olabilmek bir kitap gerektirir.

¹ *Kuantum Renk Dinamiği* –çn.

SEÇME KAYNAKLAR

Aşağıdakiler kitapta değinilen konular için olabilecek kaynakların temsili ama tam olmaktan çok uzak bir listesidir. Kitaplara gelince seçimimi ya sıradan okurlar için ya da onları büyük ölçüde izleyebileceklerle sınırladım. Bunun ardında burada önerilen fikirlerin üzerinde durulduğu bir makale listesi var. Daha tam bir kaynak listesi için internette <http://leesmolin.com/writings/life-of-the-cosmos/> sitesine bakılabilir. Okur burada, basıldığından bu yana kitabın konusuyla ilgili gelişmeler hakkında da bilgi bulacaktır.

- J. Bahcall ve J. P. Ostriker. *Unsolved Problems in Astrophysics*. Princeton: Princeton Üniversitesi Yayınları, 1996.
- P. Bak. *How Nature Works*. Springer-Verlag, New York, 1996.
- J. B. Barbour. *Absolute or Relative Motion; A Study from the Machian Point of View of the Discovery and Structure of Dynamical Theories*. Cambridge: Cambridge Üniversitesi yayınları, 1989.
- John Barrow ve Frank Tipler. *The Anthropic Cosmological Principle*. New York: Oxford Üniversitesi Yayınları, 1986.
- Niels Bohr. *Atomic Physics and Human Knowledge*. New York: John Wiley and Sons, 1958.
- John Brockman. *The Third Culture*. New York: Simon and Schuster, 1995 [*Üçüncü Kültür*, çev: Yelda Türedi, Alfa Bilim, 2015]
- Drucilla Cornell. *The Philosophy of the Limit*. New York: Routledge, 1992
- Charles Darwin. *The Origin of the Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favored Races in the Struggle for Life*. Londra: Penguin Classics, 1986. [*Türlerin Kökeni*, çev. Öner Ünalın, Evrensel Basım Yayın, 2009]
- Charles Darwin. *The Variation of Animals and Plants under Domestication*. New York: Organe Judd, 1868.
- Paul Davies. *The Mind of God* New York: Simon and Schuster, 1991.
- Paul Davies. *The Accidental Universe*. Cambridge: Cambridge Üniversitesi yayınları, 1982.

- Paul Davies ve John Gribbin. *The Matter Myth* New York: Simon and Schuster, 1992.
- Richard Dawkins. *The Extended Phenotype*. San Francisco: W. H. Freeman, 1982.
- Richard Dawkins. *The Blind Watchmaker*. Londra: Longman, 1986. [Kör Saatçi, TUBITAK Yay., çev: Feryal Halatçı, 2010]
- Daniel Dennett. *Darwin's Dangerous Idea*. New York: Simon and Schuster, 1995. [Darwin'in Tehlikeli Fikri, çev: Aybey Eper, Bahar Kılıç, Alfa Bilim, 2014]
- Bryce S. DeWitt ve R. Graham (ed.) *The Many Worlds Interpretation of Quantum Mechanics*. Princeton: Princeton Üniversitesi yayınları, 1973.
- John Barman. *World Enough and Space-Time*. Cambridge MA: MIT yayınları, 1989.
- George Ellis. *Before the Beginning: Cosmology Explained*. Londra: Borealean Yayınları, 1993.
- Albert Einstein. "Autobiographical Notes," in *Albert Einstein: Philosopher Scientist*, ed. P. A. Schilpp. La Salle: Open Court, 1949.
- Albert Einstein. *Relativity: The Special and the General Theory*. New York: Bonanza Books, 1961.
- Paul Feyerabend. *Against Method: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge*. Londra ve New York: Verso, 1975. [Yönteme Karşı, Ayrıntı yayınları, çev: Ertuğrul Başer, 1999]
- Paul Feyerabend. *Farewell to Reason*. Londra ve New York: Verso, 1987. [Akla Veda, Ayrıntı yayınları, çev: Ertuğrul Başer, 1994]
- C. D. Frossatt ve H. B. Nielsen. *Origin of Symmetries*. Singapore: World Scientific, 1991.
- Murray Gell-Mann. *The Quark and the Jaguar: Adventures in the Simple and the Complex*. New York: Freeman, 1994.
- G. Greenstein. *The Symbiotic Universe*. New York: Morrow, 1988.
- John Gribbin. *In the Beginning: After COBE and Before the Big Bang*. New York: Little Brown, 1993.
- Paul Halperin. *The Cyclical Serpent*. New York: Plenum, 1995.
- S. Hawking. *A Brief History of Time*. New York: Bantam, 1988. [Zamanın Kısa Tarihi, çev. Barış Gönülşen, Alfa Bilim Dizisi, 2013]
- W. Heisenberg. *Physics and Philosophy*. Londra: Penguin, 1989.
- John Holland. *Hidden Order*. Reading: Helix Books, 1995.
- Fred Hoyle. *Galaxies, Nuclei and Quasars*. Londra: Heinemann, 1965.

- Stuart Kauffman. *The Origins of Order: Self-organization and Selection in Evolution*. New York: Oxford Üniversitesi yayınları, 1993.
- Stuart Kauffman. *At Home in the Universe*. New York: Oxford Üniversitesi yayınları, 1995.
- E. W. Kolb ve M. S. Turner. *The Early Universe*. New York: Addison-Wesley, 1990.
- Leibniz. *The Monadology and The Leibniz Clark-Leibniz correspondence in Leibniz, Philosophical Writings*. ed. G.H.R. Parkinson, çev. M. Morris ve G.H.R. Parkinson. Londra: Dent, 1973.
- James Lovelock. *Gaia: A New Look at Life on Earth*. New York: Oxford Üniversitesi yayınları, 1979.
- James Lovelock. *Ages of Gaia*. New York: WW. Norton, 1988.
- Benoit Mandelbrot. *The Fractal Geometry of the Universe*. San Francisco: Freeman, 1982.
- Lynn Margulis. *Symbiosis in Cell Evolution*. San Francisco: Freeman, 1981.
- Lynn Margulis ve Dorion Sagan. *Microcosmos*. New York: Simon and Schuster, 1986.
- Harold Morowitz. *Energy Flow in Biology*. New York: Academic Yayınları, 1968.
- Harold Morowitz. *Cosmic Joy and Local Pain*. New York: Scribners, 1987.
- Harold Morowitz. *Beginnings of Cellular Life*. New Haven: Yale Üniversitesi yayınları, 1992.
- Isaac Newton. *Mathematical Principles of Natural Philosophy*. Çev. A. Otte ve F. Cajori. Berkeley: California Üniversitesi Yayınları, 1962.
- Abraham Pais. *Inward Bound*. Clarendon Yayınları, 1986.
- J. Peebles. *Principles of Physical Cosmology* Princeton: Princeton Üniversitesi yayınları, 1993.
- C. S. Peirce. "The Architecture of Theories" in *The Momst*, reprinted in *Philosophical Writings of Pence*, ed. J. Buchler. New York: Dover, 1955.
- Roger Penrose. *The Emperor's New Mind*. Londra: Oxford Üniversitesi yayınları, 1989. [*Kralın Yeni Usu*, çev. Tekin Dereli, TUBİTAK Yayınları, 1999]
- Roger Penrose. *Shadows of the Mind*. Londra: Oxford Üniversitesi yayınları, 1994.
- Ilya Prigogine. *From being to becoming*. San Francisco: Freeman, 1980.

- Erwin Schroedinger. *What Is Life?* Cambridge: Cambridge Üniversitesi yayınları, 1945.
- Roberto Mangabeira Unger. *Social Theory: Its Situation and Its Task..* Cambridge: Cambridge Üniversitesi yayınları, 1987.
- Steven Weinberg. *The First Three Minutes*. Glasgow: Collins, 1977. [*İlk Üç Dakika*, çev: Zekeriya Aydın, Zeki Aslan, Kırmızı Kedi Yay., 2014]
- Steven Weinberg. *Dreams of a Final Theory*. New York: Pantheon Books, 1992. [*Bir Ötesi Olmayan Kuram Düşleri*, Evrim Yay., çev: Ömür Akyüz, 2007]
- Ben Zuckerman ve Michael Hart, *Extraterrestrials, Where Are They?*, ikinci basım. Cambridge: Cambridge Üniversitesi yayınları, 1995.

SEÇME MAKALELER

- J. B. Barbour, 1993. "The emergence of time and its arrow from timelessness," in *Physical Origin of Time Asymmetry* ed. J. Halliwell, J. Perez-Mercades ve W. Zurek. Cambridge Üniversitesi yayınları.
- J. B. Barbour ve L. Smolin, 1996. "Complexity, variety and cosmology," Penn State Preprint.
- C. Barrabes ve V. P. Frolov, 1995. "How many worlds are inside a black hole?" hep-th/9511136, Phys. Rev. D53 (1996) 3215.
- John D. Barrow, 1996. "The gravitational selection of universes by black hole production: Some comments." Preprint.
- N. Bohr. "Discussions with Einstein on epistemological problems in atomic physics" in *Albert Einstein: Philosopher Scientist*, ed. P. A. Schilpp. LaSalle: Open Court, 1949.
- T. Breuer, "The impossibility of accurate state self-measurements." Philosophy of Science, 3056.
- B. J. Carr ve M. Rees, 1979. Nature 278, 605.
- B. Carter, 1967. "The significance of numerical coincidences in nature," unpublished preprint, Cambridge Üniversitesi Yayınları.
- B. Carter, 1974. in *Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data*, IAU Symposium No. 63, ed. M. Longair Dordrecht: Reidel. p. 291.
- L. Crane, 1994. "Possible implications of the quantum theory of gravity" preprint hep-th/9402104.
- L. Crane, 1995. "Clocks and Categories: is quantum gravity algebraic?" J. Math. Phys. 36, 6180.

- F. Dowker ve A. Kent, 1996. *J. Stat. Phys.* **82**, 1575.
- G.F.R. Ellis, 1993. "The physics and geometry of the universe: changing viewpoints." *Q. J. R. astr. Soc.* **34**, 315-330.
- B. G. Elmegreen, 1992a. "Triggered Star Formation," in the Proceedings of the III Canary Islands Winter School, 1991, ed. G. Tenorio-Tagle, M. Prieto ve F. Sanchez. Cambridge Üniversitesi yayınları.
- B. G. Elmegreen, 1992b. "Large Scale Dynamics of the Interstellar Medium," in *Interstellar Medium: Processes in the Galactic Diffuse Matter*, ed. D. Pfenniger ve P. Bartholdi, Springer-Verlag.
- B. G. Elmegreen ve M. Thomasson, 1993. "Grand design and flocculent spiral structure in computer simulations with star formation and gas heating." *Astron. and Astrophys.*, **272**, 37.
- V. P. Frolov, M. A. Markov ve M. A. Mukhanov, 1989. "Through a black hole into a new universe?" *Phys. Lett.* **B216** 272-276.
- A. Lawrence ve E. Martinec, 1996. "String field theory in curved space-time and the resolution of spacelike singularities," *Class. and Quant. Grav.* **13**, 63; hep-th/950909.
- A. Linde, 1994. "The self-reproducing inflationary universe," *Scientific American* **5**, 32-39.
- E. Martinec, 1995. "Spacelike singularities in string theory." *Class. and Quant. Grav.* **12**, 941-950. hep-th/9412074
- Y. Nambu, 1985. *Prog. Theor. Phys. Suppl.* **85**, 104.
- N. Luhmann, 1987, "Closure and openness: On reality in the world of law," in *Autopoietic Law: A New Approach to Law and Society*, ed. Gunther Teubner, çev. Ian Eraser, Berlin: de Gruyter.
- M. Paczusi, S. Maslov ve P. Bak, 1994. *Europhys. Lett.* **27**, 97; **28**, 295.
- R. Penrose, 1971a. in *Quantum Theory and Beyond*, ed. T. Bastin. Cambridge: Cambridge Üniversitesi yayınları, 1971.
- R. Penrose, 1979b. "Singularities and Time Asymmetries" in *General Relativity An Einstein Centenary*. ed. S. W. Hawking ve W. Israel. Cambridge: Cambridge Üniversitesi yayınları, 1979.
- M. Rees, *MNRAS* **176** (1976) 483;
- T. Rothman ve G.F.R. Ellis, 1993. "Smolin's natural selection hypothesis," *Q. J. R. astr. Soc.* **34**, 201-212.
- C. Rovelli, 1995. *Relational Quantum Mechanics*. *International Journal of Theoretical Physics* **55**, 1637.
- C. Rovelli, 1997. "Halfway through the woods," in *The Cosmos of Sci-*

- ence, ed. J. Earman ve J. D. Norton, Pittsburgh Üniversitesi Yayınları.
- C. Rovelli ve L. Smolin, 1988. Phys. Rev. Lett. **61**, 1155;
- C. Rovelli ve L. Smolin, 1990. Nucl. Phys. **B133**, 80.
- P. E. Seiden ve L. S. Schulman, 1990. "Percolation model of galactic structure," *Advances in Physics*, **39**, 1-54.
- Shimony, Abner, 1986. In *Quantum Concepts in Space and Time*, ed. R. Penrose ve C. J. Isham, Oxford Üniversitesi yayınları.
- J. M. Smith ve E. Szathmary, 1996. *Nature* **384**, 107.
- L. Smolin, 1983. "A Derivation of quantum mechanics from a deterministic, non-local hidden variables theory I. The two dimensional theory," Institute for Advanced Study preprint.
- L. Smolin, 1984b. "Quantum gravity and the many worlds interpretation of quantum mechanics," in *Quantum Theory of Gravity: Essays in Honor of the 60th Birthday of Bryce S. De Witt*, S.M. Christensen, ed. Bristol: Adam Hilger. L. Smolin, 1985. *Gen. Rel. and Grav.*, **17**, 417.
- L. Smolin, 1976. In *Quantum Concepts in Space and Time*, op. cit.
- L. Smolin, 1991. "Space and Time in the Quantum Universe" in *Conceptual Problems of Quantum Gravity* ed. by A. Ashtekar ve J. Stachel, Boston: Birkhauser.
- L. Smolin, 1992a. "Did the Universe Evolve?" *Class. Quantum Grav.* **9**, 173-191.
- L. Smolin, 1992b. "Time, structure and evolution," Syracuse Preprint (1992); to appear (in Italian translation) in the Proceedings of a conference on *Time in Science and Philosophy* held at the Istituto Suor Orsola Benincasa, in Naples (1992) ed. E. Agazzi.
- L. Smolin, 1993. "Recent developments in nonperturbative quantum gravity," in *Quantum Gravity and Cosmology*. Singapore: World Scientific.
- L. Smolin, 1994. "On the fate of black hole singularities and the parameters of the standard model" gr-qc/9404011/
- L. Smolin, 1995a. "Cosmology as a problem in critical phenomena," in the proceedings of the Guanauato Conference on Self-organization and binary networks, Springer.
- L. Smolin, 1995b. *J. Math. Phys.* **36**, 6417.
- L. Smolin, 1996. Galactic disks as reaction diffusion systems, astro-ph/9612033.

- John Stachel, 1986 "What a physicist can learn from the discovery of general relativity," in *Proceedings of the Fourth Marcel Grossmann Meeting on Recent Developments in General Relativity*, ed. R. R Ruffini. Amsterdam: North-Holland.
- J. Stachel, 1989. "Einstein's search for general covariance 1912-1915," in *Einstein and the History of General Relativity* ed. by D. Howard ve J. Stachel, Einstein Studies, Volume 1 Boston: Birkhauser
- John Stachel, 1993. *The Other Einstein*, Context 6, 275.
- L. Susskind, 1995. "The world as a hologram," J. Math. Phys. **36**, 6377. hep-th/9409089.
- G. 't Hooft, "Dimensional reduction in quantum gravity" Utrecht preprint THU-93/26; grqc/9310006.
- J. A. Wheeler, 1974. "Beyond the end of time," in *Black Holes, Gravitational Waves and Cosmology: An Introduction to Current Research*, ed. Martin Rees, Remo Ruffini ve John Archibald Wheeler. New York: Gordon and Breach.

BİLİM VE FELSEFE TERİMLERİ SÖZLÜĞÜ

Not: Tanımlarda geçen *italik* yazılmış kelimelerin de tanımları verilmiştir.

ayar ilkesi *Standart modelin* ardındaki temel ilke olup temel parçacıkların özelliklerinin aralarındaki etkileşmelerden doğduğunu söyleyen fıkri ifade ediyor. Leibniz'in *ayırt edilemeyenlerin özdeşliği* ilkesinin bir modern ifadesi.

ayırt edilemeyenlerin özdeşliği ilkesi yeterli neden ilkesinin tamamlayıcısı olup, buna göre evrende hem başka hem de tüm özelliklerini paylaşan iki nesne olamaz.

denge dışı sistem Kurulumu *dengeden* çok uzak olan bir sistem.

denge dışı termodinamik denge dışı sistemlerin incelenmesi, aralarında kendiliğinden örgütlenmiş sistemler de var.

denge Makroskopik bir sistemin *entropisinin* en yüksek olduğu bir durum. Bu, biçimlenim tamı tamına tekdüze demektir. Çoğu zaman sistemin her parçasının aynı yoğunluk ve sıcaklıkta olması demektir.

dev molekül bulutu Spiral gökadalarda bulunan ve içinde yıldızların olduğu çok soğuk gaz ve toz bulutları. Adı, içinde tek tek atomlardan çok moleküllerin, birçok organik bileşik bulunmasından geliyor.

diffeomorfizm değişmezliği uzay ve zamanın sırf evrendeki olaylar arasındaki ilişkilerin ifadesi olma ilkesinin matematiksel ifadesi.

dinamik Bir şey evrendeki diğer nesnelerle ilişkilerinin sonucu, devinim yasalarına bağlı olarak değişiyorsa dinamiktir.

doğrusal olmayan Tepkisi ya da çıktısı girdisiyle doğru orantılı olmayan denklem ya da süreç.

Einstein Denklemi genel görelilik kuramında dinamiğin, uzay ve zamanın geometrisiyle ilişkilendirildiği kusursuz ifadesidir. Einstein Denklemi $E = mc^2$ olmayıp, bir diğer çok daha karmaşık bir denklemdir.

entropi (dağı) Sistemin örgütsüzlüğünün (karmaşıklığının) bir ölçüsü. Entropi azaldıkça sistemin biçimlenimini gözleyerek

hakkında daha çok bilgi edinilebilir. Entropi arttıkça kurulum daha da gelişigüzel ve tekdüze olur ve belirgin bir yapı ya da nitelik göstermez.

evrenin ısıl ölümü On dokuzuncu yüzyıl biliminin, evrenin bütünüyle dengeye yaklaştığı ve ardından bütün yaşam, değişme ve yapının yok olacağı inancına verdiği ad.

eylemsizlik çerçevesi Nesnelerin ona göre bir dış etmen olmadan serbest –doğru çizgiler boyunca sabit hızla– devindiği *referans çerçevesi*.

faz Bir malzemenin olabilecek değişik biçimlenmeleri. Örneğin buz, su ve buhar.

faz geçişi Bir *faz*dan diğerine geçiş, erime ve buharlaşma gibi.

Gaia hipotezi İklimin ve bunun kadar atmosferin ve Dünya'nın bileşimlerinin, canlı organizmaları da içeren geribesleme etkileriyle denetlendiği varsayımı.

genel görelilik Einstein'ın kütleçekim kuramı. Buna göre uzay ve zamanın geometrisi dinamik ve bağlı.

geribesleme düzeneği Sistemin geri dönüp kendisine etki yapması. İki türü bulunur, negatif geribesleme sistemi, yeğlenen eski durumuna getirecek gibi etkiler; termostat gibi. Pozitif olanı ise zıddı olup belli bir durumdan ayrılmayı artıracak gibi etkiler. Üzerinde durduklarımın hepsi negatif geribesleme düzenekleri.

hız (vektörü) hareketin yönü ve çabukluğu.

Higgs bozonu Varlığını temel parçacık fiziğinin standart modelinin gerektirdiği henüz gözlenmemiş bir parçacık. Bunların varlığı kendiliğinden simetri kırılmasıyla ilişkilidir.

indirgemecilik Bir sistemin özelliklerinin, onu oluşturan parçaların neler olduğunun ve de bunların nasıl etkileştiğinin bilinmesini bilerek anlaşıldığını söyleyen bir yöntemsel ilke.

istatistik mekanik Çok sayıda fiziksel sistemle –gazları ya da malzemeleri oluşturan moleküller– ilgilenirken istatistik yöntemlerini kullanan bir kavramlar takımı.

ivme Hız ve yöndeki değişimin geçen süreye oranı.

kara delik Uzay ve zamanın, kütleçekim alanının –bundan kaçış hızı ışık hızından büyük olduğu için– hiçbir şeyin kaçamayacağı kadar yeğin olduğu bir bölgesi. Bunların çoğu kez büyük kütleli bir yıldızın çekirdeksel yakıtı bittiğinde ken-

di ağırlığını karşılayamayarak çökmesiyle oluştuğuna inanılmakta.

kategori kuramı matematiğin, içinde her matematiksel yapının bir takım nesneler ve bunlar arasındaki ilişkiler cinsinden betimlendiği bir genel çerçevesi.

kendiliğinden örgütlenmiş sistem Yüksek mertebeden yapı ve örgütlenmesinin, sistemin kendi içindeki süreçler sonucunda doğduğu bir sistem.

kendiliğinden örgütlenmiş kritik sistem her ölçekte yapısı da olan bir *kritik sistem*dir.

kendiliğinden simetri kırılması Doğa yasalarında olan bir simetrinin belli bir fiziksel sistemde gerçekleşmemesi.

kökten atomculuk temel parçacıkların özelliklerinin, evrenin geçmişinden de şimdiki durumundan da bağımsız olarak her zaman için ve ebedi olarak verilmiş olduğunu söyleyen kuram.

kritik sistem yapıyı atomlar ölçeğinden sistemin kendi boyuna kadar her uzunluk ölçeğinde gözlenebilen bir makroskopik sistem. İlişkili bir özeliği her parçasının diğerleriyle ilintili olmasıdır, öyle ki bir parçası tedirgendiğinde etkisi sistemin her parçasında hissedilir.

kuantum kütleçekim ya da **kütleçekimin kuantum kuramı** Aynı çerçevede hem *kuantum* hem de *kütleçekim* fiziğini birleştireceği umulan kuram.

kuantum mekaniği 1920'lerde geliştirilen, madde ve devinimin halen bilinen temel kuramı.

kuantum renkdinamiği (QCD) *Standart modelin* bir parçası olup *kuarkların* proton, nötron ve diğer yeğin etkileşimli parçacıkları oluşturduğunu açıklar.

kuark protonları, nötronları ve yeğin etkileşen diğer parçacıkları oluşturan temel parçacıklardan birisi.

kütle üst sınırı bir *nötron yıldızının* kendi kütleçekimle çöküp *kara delik* olmayacağı mümkün en büyük kütle.

manifold Sayı çizgisi gibi, sürekli bir uzay.

mutlak uzay ve zaman Newton fiziğinin altında yatan ve buna göre uzay ve zamanın dışarıda ebedi olarak var olan, çakılı ve evrende bulunan her şeyden bağımsız olan felsefe.

Newton Fiziği Uzay, zaman ve devinimin Isaac Newton tarafından 1687'de yayımlanan kuramı. Yirminci yüzyılın başlarına kadar fiziğin temel kuramıydı.

newtoncı Uzak, zaman ve devrimin Newton tarafından kullanılan ilkelerine dayanan kuramlar. 18. ve 19. yüzyıllardaki tüm fizik kuramlarını içerir.

nötrino Yüksüz bir temel/temel parçacık. Maddeyle *zayıf çekirdek kuvveti*yle etkileşir. Kütlesi tam bilinmiyor ancak, elektronunkinden çok küçük.

nötron yıldızı Ölü ve yoğunluğu atom çekirdeğinkinki, kütlesi Güneş'in yarısı, yarıçapı birkaç kilometre kadar olan bir yıldız. Bir *süpernova patlamasının* sıradan bir artığı.

parametreler Herhangi bir fiziksel sistemin betimine giren ve serbestçe değişebilen sayılar. Temel parçacık fiziğinde parçacıkların kütleleri ve etkileşmelerin yeğinlikleri bunun örnekleridir.

Planck Kütlesi Kütleçekimin kuantum kuramında yaklaşık 10^{19} proton kütlesinde temel kütle birimi.

Planck Uzunluğu Kütleçekimin kuantum kuramında yaklaşık 10^{-33} santimetrelilik temel uzunluk birimi.

Platonculuk Matematiksel kavramların, doğrudan algıladığımız evreni aşan bir gerçek ve ebedi varoluşa sahip varlıklara ilişkin olduğu felsefe.

referans çerçevesi bir gözlemci, bir saat, bir koordinat kafesinden oluşur ve nesnelerin gözlemciye göre devrimini betimlemeyi sağlar.

sicim kuramı Temel parçacıkların etkileşmelerinin birleşik kuramı; kütleçekimini ve *Yang-Mills alanlarını* içerir. 1980'lerden bu yana sıkı bir gelişme içinde olup evrendeki temel varlıkların noktasal değil bir boyutlu bir niteliği olmasına dayanır.

süpernova Güneş'ten belirgin bir kütle fazlası olan çoğu yıldızda, çekirdeksel yakıtın tüketilmesinden sonra olan patlama. Sonucu, malzemenin çoğunun *yıldızlararası ortama* dönüşmesidir.

şok dalgası Bir ortam –burada yıldızlararası– içinde enerji ve malzeme taşıyan bir basınç dalgası.

tedirgeme Fiziksel bir sisteme verilen ufak bir bozucu etki.

tekillik Temel bir fiziksel niceliğin –madde yoğunluğu ya da kütleçekim alanı gibi– sonsuz olduğu bir olay. Bu, örneğin uzayın bir bölgesinde bir yıldızın [kendi] kütleçekimin onu sonsuz yoğunluğa çökertmesiyle oluyor.

temel parçacıkların standart modeli Temel parçacıkların, elektromanyetik, zayıf ve yeğin etkileşimleri birleştiren, ama kütleçekimini dışlayan kuramı. *Ayar ilkesine* ve *Yang-Mills kuramı*'na dayanır.

termodinamik denge *bkz.* denge.

termodinamik Enerji, *entropi*, ısı ve bunların maddeyle ilişkilerinin incelenmesi. 19. yüzyılda gelişmiş olup yerini büyük ölçüde istatistik mekaniğine bırakmıştır.

topoloji bir kümenin bağlantılılığının uzaklık gibi sayısal ölçülere dayanmadan incelenmesi.

uyumluluk arazisi Genin uyumluluğu kavramının soyut bir gösterimi. Değişik noktaların değişik DNA dizilişlerine karşılık geldiği bir soyut uzay düşünülür. Uyumluluk arazisi her noktaya bir sayı özgüler. Bu sayı o genleri taşıyan yaratığın olabilecek yavrularının ortalama sayısı olarak arazinin yüksekliğine karşılık gelir.

uzayzaman metriği Uzay ve zamanın geometrisinin matematiksel bir betimi. Uzaklık ve zaman aralıklarını verir ve hangi referans *çerçevelerinin eylemsizlik* sistemi olduğunu belirler.

uzay ve zamanın ilişkisel felsefesi Uzay ve zamanın olaylar arasındaki ilişkilerin bir yanından başka bir şey olmadığını söyleyen felsefe.

Yang-Mills kuramı *Standart modelin* altındaki temel kuramsal yapı olup 1950'lerde geliştirilmiş olan *ayar ilkesine* dayanır.

yeğin etkileşme Protonları, nötronları ve başka parçacıkları atom çekirdeğinde birbirlerine bağlayan kuvvet.

yeterli neden ilkesi Leibniz'in ilkesi. Buna göre, evrenin niçin başka türlü değil de böyle olduğuna ilişkin her sorunun akılcı bir yanıtı olması gerekir; böyle yanıtları olmayan sorulara izin veren Newton'ın *mutlak uzay ve zamanı* gibi kuramları kaldırmak için kullanılırdı.

yıldızlararası ortam gaz bulutları ve tozdan oluşmuş, gökada atmosferi gibi bir şey. Spiral gökadalara disklerindeki yoğunlukları on bin santimetreküpde bir atomdan, santimetreküpde binlerce atoma kadar değişiyor.

zayıf etkileşme Dört temel etkileşmenin en az bilineni olup radyoaktif bozunma ve *nötrinoların* maddeyle etkileşmesinden sorumludur.

DİZİN

- alfanın değeri 56
alkoller, dev molekül bulutlarında 154
aminoasit dizilerinin kırılması 187
amonyak, dev molekül bulutlarında 154
Andromeda (gökada) 145
Anka bakterisi 121
Anka evrenler 111, 402
Aristoteles 13, 40, 41, 259, 290
Arnett, yıldız oluşumu dalgaları 163
Arzunun Kanatları (Wenders) 115
Ashtekar, Abhay 342
Aspect, Alain 306, 308
astronomi 20, 51, 114
Atiyah, Michael 329
atmosfer 180, 190
atomculuk karşıtlığı 84
atom çekirdeği 140, 311, 390
atomlar 12, 17, 338, 358
Ay, yörüngesi 76

Baez, John 329
Bak, Per 25, 183, 184, 208
bakteri üremesi 121
Barbour, Julian 270, 349, 350
Barrabes, Claude 386, 387, 399
baryon doğurucu çağ 375
Beckett, Samuel 283
Bekenstein, Jacob 331, 336
belirlenimcilik 176, 230
Bell eşitsizlikleri 306
Bell, John 305
Bennett, Don 212
Bergson, Henri 25, 26
berilyum, karbon rezonansı 138
Berkeley, George 239
Besso, Michael 292
Bethe, Hans 365
Bethe senaryosu, nötron yıldızları için 365
beyaz cüceler 135, 139
bilgisayar benzetmesi, enerji akışı için 187
bilgisayar programı 192
bilgisayar teknolojisi 249
birleşik alan kuramı 17, 382
birlikte evrim, türlerin 183
Bohr, Niels 37, 76, 298, 302, 304, 315, 353
Brahe, Tycho 290
Brancaleoni, Paola 234
Breuer, Thomas 323
Brook, Peter 355
Brown, Gerald 365
Budizmde zaman kavramı 257, 277
burgaç kuramı 341
büyük kütleli yıldızlar 139, 146
Büyük Patlama 26, 98, 110, 115, 200, 372

Calabi-Yau derliliği 386
Carter, Brandon 369
Cemin, St. Clair 356
Chew, Geoffrey 81

- Clark 261
 Clarke, Samuel 283
 Coleman 203
 Conway, John 165
 Cortes, Hernan 105
 CP simetrisi 375
 çekirdek kaynaşması, yıldızlarda-
 ki 51
 çekirdeksel demokrasi 80
 çoklu evren yorumu, kuantum me-
 kaniğinin 318
- Dalay Lama 257
 dalgalar, sörf havuzlarındaki 162
 Darwin, Charles 39, 159, 353, 362,
 382
 Davies, Paul 25
 Dawkins, Richard 130, 131
 Demokritos 41, 43
 denge dışı sistemler 182, 192
 denge termodinamiği 205
 Derrida, Jacques 34, 309
 De Sitter 101, 203
 deVancouleurs 203
Devlet Adamı (Platon) 174
 DeWitt, Bryce 318
 döteryum, ilksel evrende oluşumu
 141
- "en uyumlunun kalıcılığı" 130
 E6 kuramı 78
 Einstein denklemi 289
 elektrodinamik 222
 elektromanyetik alanların sayısı 67
 elektromanyetik kuvvetin zayıf
 çekirdek kuvvetiyle birleştiril-
 mesi 69
 eliptik gökadarlar 147
 Ellis, George 251, 370
 Elmegreen'in (Bruce) geribesleme
 modeli 166
 entropi (dağı) 39
 enzimler, canlı hücrelerde 268
 evcil hayvan benzetmesi, kuantum
 kuramı için 298
*Evcilleştirilen Hayvanların ve Bitki-
 lerin Çeşitlenmesi* (Darwin) 159
 Everett, Hugh 318
- Feyerabend, Paul 83
 Feynman, Richard 332, 336
 Finkelstein, David 271, 335
Finnegans Wake (Joyce) 283
Fireflies (Tagore) 173
 Fuller, Buckminster 16
- Gaia hipotezi ve evrim 184
 Galileo 12, 85, 235, 274, 275
 gerçeküstüçülük 356
Gök Kürelerinin Deveranı Üzerine
 (Kopernik) 11
 güneş sistemi 37, 174
- Hawking, Stephen 100, 103, 331,
 389
 Hegel, G.W.F. 234
 Heisenberg, Werner 298
 Herakleitos 239
 hızlandırıcılar, parçacık varlanması
 için 64
 hidrojen bombası 375
 Higgs parçacıkları 70, 72, 77, 78, 87
 Hobbes, Thomas 358
 Holland, John 188
 Hume, David 239
 Huygens, Christiaan 276
- I. Dünya Savaşı 101, 294
 "ısı ölümü", evrenin 195, 202
 insancı ilke 59, 96, 244, 245, 246
 insan toplumu, örgütsel düzeyleri
 206, 259
 ivme kavramı 276, 277, 280, 284
- Joyce, James 283
- kaçış hızı, gezegenin 108
Kant 234

- Kant, Immanuel** 227, 393
kaonlar, ölen yıldızlardan 366
kara cisim ışıması 26, 114
kara delikler 113, 331, 352, 365
karbondioksit 180
karbonmonoksit 136, 154
karşıt parçacıklar 375
kategori kuramı 329
Katolik kilisesi 11, 235
Kauffman, Louis 271
Kauffman, Stuart 9, 25, 130, 183, 184, 185, 188, 400, 408
"kaynaklar için rekabet" 130
kendi kendini örgütleme 183, 186, 188, 195, 208, 209, 210, 214, 224, 226, 231, 240, 313
kendi kendini örgütleyen denge dışı sistem 190, 209
kendi kendini örgütleyen kritik sistemi Bak'ın kavrayışı 208
kendiliğinden simetri kırılması 65, 70, 77, 78, 106
"Kendi Yaşam Öyküsünden Notlar" (Einstein/Schilpp) 16
Kent, Adrian 321
Kepler, Johannes 40, 216, 235, 290
Kopernik devrimi 12, 13, 232, 357
Kopernik, Mikolaj (Nicolaus Copernicus/Niklas Koppernikgh) 11, 40, 234, 235
kozmozolojik kuantum kuramı 314, 324
kozmozolojik kuram, birleşik 308
kozmozolojik modeller 201
kozmozolojik şişme varsayımı 106, 107
kozmozolojik tekillik 109
köktenci atomculuk 314
Kör Saatçi (Dawkins) 131
Kuantistan benzetmesi 298
kuantum mekaniği 213, 238, 294, 295, 302
Kuantum mekaniği 298
kuantum renkdinamiği 64, 69
kuantumun anlamı 292
Kundera, Milan 361
Kuramların Mimarisi (Pierce) 112
lastik şerit benzetmesi, sicim kuramında 219
Locke, John 358
Madonna 105
mantarın ışık algılayıcıları 33
Marksizm 96, 235
mavi yükü, parçacıkların 68
Maxwell, James Clerk 62, 63, 64, 234
Mendel, Gregor 382
mesajlar, mümkün gökada gezginlerinden 250
metabolik süreçler, canlılarda 181
metafizik 238, 239, 241, 319
meteorların doğurduğu yokoluşlar 184
mezonlar, çarpışma deneylerinde 81
Mısırlı astronomların kozmoloji bilgileri 112
Migdal, Alexander 336
mikroorganizmalar 183, 192
Mills, Richard 68, 78
Mitchell, Joni 41
"modüler parametreler" 386
moleküller 39, 46
monadları, Leibniz'in 7, 325, 328, 333
Monadoloji [The Monadology] (Leibniz) 7, 325
Montezuma 105
Morowitz, Harold 188
mutlak doğa yasasının yanılgısı 43
Nannini, Gianna 105
NASA 181
nedensellik 252
Newtoncu oyunlar 222

Newton'ın Birinci Yasası [eylemsizlik yasası] 276, 279
 Newton sabiti 369, 371
 Nietzsche, Friedrich 177, 361, 363
 "Notes Toward a Supreme Fiction" (Stevens) 41
 nükleik asit 189, 191, 250
 olay ufku, kara deliklerin 108
 Omnes, Roland 320
 organik moleküller 136, 154
 Öklit geometrisi 218
 panteizm 40
 parçacık fiziği 50, 53, 78
 Parravano, yıldızlarda faz geçişleri-ne ilişkin 161
 Penrose, Roger 100, 102, 109, 193, 270, 317, 334, 336, 342
 Pierce, Charles Sanders 25, 26, 112
 Pietroneiro 203
 Pisagor 216, 217, 219
 Planck birimleri 116, 120, 210
 Planck kütlesi 54, 55, 75
 Planck, Max 54
 Planck ölçeği 76, 77, 211, 212
 Planck sabiti 75
 Planck süresi 120, 129
 Planck uzunluğu 75, 83, 85, 199
 Platonculuk 24, 27, 173
 Popper, Karl 96
 postmodernizm 356
 pozitivizm 280
 pragmatizm 25
 Ptolemaios 76, 173
 Regge, Tulio 336
 renklerin tutsaklığı 69
 renkli parçacıklar 68
 robotlar, gökada gezginleri olarak 249
 "rock and roll" benzetmesi, kozmik ışınlar için 105
 Rosen, Nathan 303, 307, 315

Rosen, Stanley 234
 Rothman, Tony 370, 371
 Rovelli, Carlo 343, 360
 Rutherford, Ernest 37
 saat benzetmesi, evrenin 173, 174, 362
 Sakharov, Andrei 375
 sarı yükleri, parçacıkların 68
 Sartre, Jean-Paul 273
 Satürn, eski astronomların incelemeleri 112
 Schilpp, Paul 16
 Schulman, Larry 164
 Seiden, Philip 164
 Sen, Amitaba 342
 Sevilla, İspanya 105
 Shakespeare, William 35
 Shenker, Steven 213
Sihirsiz Sihir (Penrose) 334
 SO(10) kuramı 78
 Sokrates 174
 solitonlar 335
 Sorkin, Rafael 336
 spin ağları 336, 341
 spiral kolları, gökadalarnın 147, 149
 Springsteen, Bruce 105
 standart modeli, parçacık fiziğinin 117, 119, 240
 Stevens, Wallace 41
 SU(5) kuramı 78
 şok dalgası, kabarcığın önündeki 157, 164
 Tagore, Rabindranath 173
 tavuk-yumurta benzetmesi 229
 teknirenk kuramı 78
 teleoloji 96
 The Beatles 105
 The Mahabharata 355
 "The Philosophical Significance of Relativity" (Reichenbach) 283
 't Hooft, Gerard 68, 332, 336
 Tipler, Frank 251

- Toplum Kuramı (Unger) 216**
topolojik kuantum alan kuramları
 328, 329
tuzluluk, okyanuslarda 182

Unger, Roberto Mangabeira 216,
 312
uzayzamanın metriği 290

Venüs, ölü gezegen olarak 180, 188
vitalizm 36

Wallace, Alfred Russell 39
Wenders, Wim 115
Weyl, Herman 66, 67, 78
Wheeler, John 336
Whitman, Walt 61
Wigner, Eugene 218
Wilson, Kenneth 210, 211
Witten, Edward 329
Wittgenstein, Ludwig 239, 241,
 356, 361
W parçacıklarının keşfi 74
Wu, Chien Shiung 341

Yang, Chen Nin 342
Yang, Chen Ning 68, 78
Yang-Mills kuramları 68, 69, 77,
 83, 212
yanlışlanabilir bilimsel hipotezler
 96
Yaşam Nedir? 18
yeğin çekirdek kuvvetleri 56, 57, 65
yeğin kuram, felsefede 361
yeni-Darwincilik 183, 184
yeterli neden ilkesi 67, 261, 262,
 263, 304, 326, 354
yıldız fışkırtan gökadarlar 148
yıldız rüzgârları 161
yoğunluk dalgası kuramları, yıldız
 oluşumunun 163, 166, 221
Yönteme Karşı (Feyerabend) 83

“zaman kapsülleri” 350
zayıf kuramı, felsefede 361
Z parçacıklarının keşfi 74

Evren nedir? Sonsuz mudur, sonlu mu? Ezelden mi gelir, yoksa zaman bir ilk anda mı başladı? Başladıysa ne başlattı? Evrende niçin hayat var? Fizik yasaları ezelden gelen gerçeklikler mi, yoksa onlar evrenle birlikte mi yaratıldılar? Evreni bütün bir sistem, parçalarının toplamından daha fazla bir şey olarak kavrayıp anlamak mümkün mü? Bu soruları herkes merak eder ve her kültür bunlara ilişkin öyküler söyler. Ünlü kuramsal fizikçi Lee Smolin, yıllardır kuantum kuramı ile göreliliği birleştirecek bir kuramı kurma girişiminde bulunan biri olarak, bütün bu soruların ancak bize doğanın kapsamlı bir resmini verebilecek tek bir kuramda

birleştirilmesiyle cevaplanabileceğini söylüyor. 21. yüzyılda evreni anlayışımız artarken, bir diğer basamağın eşliğinde duruyoruz. Görelilik, kuantum ve genişleyen evrene ilişkin öğrendiklerimizi tek bir çerçevede kaynaştırmaya girişirken anlayışımızın büyük devrimci dönemlerinden birisinin ortasındayız. Bu devrimi tamamladığımızda evreni nasıl göreceğiz? Öykü tamam değil. Ancak Smolin'e göre yeni Evrenin neye benzeyeceğini gösterecek bir resim belirmekte. Bu kitabın amacı işte bu yeni resmi betimlemek ve ona niçin inanç duyduğumuzu anlatmak.

“1997 yılında yayımlanan en önemli bilim kitabı”

–John Gribbin, *The Independent on Sunday*

“Bu harika fikirleri Smolin gibi özgün bir yazardan dinlemek evrene bakışımızı değiştiriyor.”

–George Johnson, *The New York Times Book Review*



ALFA

www.alfakitap.com



/alfakitap



/alfakitap

ALFA BİLİM

ISBN 978-605-171-063-1



9 786051 710631