STEPHEN HAWKING

KARA DELİKLER VE BEBEK EVRENLER



15. BASKI

Büyük Patlama ve Evren hakkında merak ettiğiniz soruların yanıtları

ALFA | BİLİM

STEPHEN HAWKING

8 Ocak 1942'de Oxford'da doğan İngiliz fizikçi ve yazar Stephen William Hawking doktorasını Cambridge'ten aldıktan sonra 1979'da matematik bölümünde Lucas Matematik Profesörü oldu. 1663 yılında üniversite meclisi üyesi olan Henry Lucas tarafından kurulan bu profesörlük 1669'da Isaac Newton'a verilmişti. Roger Penrose ile birlikte çalışan Hawking, Einstein'ın uzayzamanı kapsayan Genel Görelilik Kuramının, Büyük Patlamayla başlayıp kara deliklerle sonlandığını gösterdi. 1960'ların başında 21 yaşındayken tedavisi olmayan amyotrofik lateral skleroz (ALS) hastalığına yakalanan Stephen Hawking, 1985 yılından bu yana sesini de yitirmiş olduğu için, koltuğuna yerleştirilmiş, yazıları sese dönüştürebilen bilgisayarı sayesinde insanlarla iletişim kurabiliyor. Bir fenomen haline gelen *Zamanın Kısa Tarihi* kitabı kırkın üzerinde dile çevrilerek en çok satan popüler bilim kitabı oldu.

NEZİHE BAHAR

Boğaziçi Üniversitesi, Bilgisayar Programcılığı mezunudur. İş yaşamı sırasında çeşitli kitap çevirileri de yapmış ve Açık Öğretim İngilizce Öğretmenliği, Sosyal Bilimler ve İlahiyat Önlisans bölümlerini bitirmiştir. Türkçeye kazandırdığı bazı eserler şunlardır: *Kozmik Kod, Stephen Hawking: Yaşamı, Kuramı ve Son Çalışmaları*.

Kara Delikler ve Bebek Evrenler
© 2012, ALFA Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.

Black Holes and Baby Universes and Other Essays
© 1993, by Stephen Hawking

"Is the End in Sight for Theoretical Physics?", Stephen Hawking tarafından Cambridge Üniversitesinde verilen bir Açılış Dersidir. © 1980, Cambridge University Press The interview Desert Island Discs BBC'nin izni ve Bayan Diana Plomley ve Bayan Sue Lawley'in onayıyla yayımlanmıştır.

Kitabın Türkçe yayın hakları Akcalı Ajans aracılığıyla Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.'ne aittir. Tanıtım amacıyla, kaynak göstermek şartıyla yapılacak kısa alıntılar dışında hiçbir yöntemle çoğaltılamaz.

Yayıncı ve Genel Yayın Yönetmeni M. Faruk Bayrak
Genel Müdür Vedat Bayrak
Yayın Yönetmeni Mustafa Küpüşoğlu
Dizi Editörü Kerem Cankoçak
Kapak Tasarımı Füsun Turcan Elmasoğlu
Grafik Uygulama Mürüvet Durna

ISBN 978-605-106-718-6

1. Basım: Mart 2013
15. Basım: Aralık 2025

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: 45099

Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.
Alemdar Mahallesi Ticarethane Sokak No: 15 34110 Cağaloğlu-İstanbul
Tel: 0(212) 511 53 03 (pbx) Faks: 0(212) 519 33 00
www.alfakitap.com - info@alfakitap.com
Sertifika no: 43949

STEPHEN HAWKING

KARA DELİKLER VE BEBEK EVRENLER

Büyük Patlama ve Evren hakkında merak ettiğiniz soruların yanıtları

Çeviri
Nezihe Bahar

ALFA

İÇİNDEKİLER

Önsöz 7

1. Çocukluk 11
2. Oxford ve Cambridge 21
3. Als Deneyimim 27
4. Bilime Karşı Halkın Tavrı 33
5. Bir Kısa Tarihin Kısa Tarihi 37
6. İnançlarım 43
7. Kuramsal Fizikte Son Yakın mı? 49
8. Einstein'ın Rüyası 67
9. Evrenin Kökeni 81
10. Kara Deliklerin Kuantum Mekaniği 93
11. Kara Delikler ve Bebek Evrenler 105
12. Her Şey Belirlenmiş midir? 115
13. Evrenin Geleceği 127
14. Issız Ada Diskleri-Bir Söyleşi 141

Dizin 159

Önsöz

Bu kitapta 1976 ile 1992 yılları arasında yazdığım bazı yazılar yer almaktadır. Bunlar arasında otobiyografik yazılardan bilim felsefesine, bilim ve evren hakkındaki heyecanımı açıklama girişimi niteliğindeki yazılara kadar birçok yazım bulunuyor. Kitap yer aldığım *Issız Ada Diskleri* programının metniyle sona eriyor. Bu İngiltere'ye özgü bir program. Konuğa ıssız bir adada yalnız kalmış olduğunu düşünmesi ve kurtarılana dek dinleyerek zaman geçireceği sekiz plağı seçmesi söyleniyor. Neyse ki, ben uygarlığa geri dönmek için fazla beklemedim.

Yazılar on altı yıllık bir dönem içinde yazılmış olduğu için yıllar içinde artmış olduğunu umduğum bilgimin o zamanki durumunu yansıtmaktadır. Bu nedenle her yazının tarihini ve hangi nedenle yazılmış olduğunu belirttim. Her biri kendi başına bir bütün olduğundan, kaçınılmaz olarak bir miktar tekrar var. Bunları azaltmaya çalıştım, fakat bazıları kaldı.

Kitapta ayrıca bazı yazılar yapmış olduğum konuşmaların metnidir. O dönem sesim o kadar kötüleşmişti ki, konuşmaları ve seminerleri beni anlayabilen veya yazdığım metni okuyan, genellikle araştırma öğrencim olan, bir başka kişi yardımıyla gerçekleştiriyordum. 1985 yılında konuşma yeteneğimi tamamen yitirmeme neden olan bir ameliyat ge-

çirdim. Bir süre için hiçbir iletişim aracım olmadı. Sonunda bana bir bilgisayar sistemi ve çok iyi bir konuşma sentezcisi sağlandı. Şaşırtıcı bir şekilde büyük dinleyici gruplarına hitap eden başarılı bir konuşmacı olduğumu gördüm. Bilim hakkında açıklamalarda bulunmak ve soruları yanıtlamaktan zevk alıyorum. Bunu nasıl daha iyi yapabileceğim konusunda öğreneceğim çok şey olduğuna eminim, fakat az da olsa ilerlediğimi düşünüyorum. Bu sayfaları okuduğumuzda siz de ilerleyip ilerlemediğimi bizzat değerlendirebilirsiniz.

Ben evrenin bilinmez ve anlaşılmaz olduğunu, insanın sezebileceği, fakat hiçbir zaman tam olarak analiz edemeyeceği veya kavrayamayacağı bir şey olduğu görüşüne katılmıyorum. Bu görüşün hemen hemen dört yüz yıl önce Galileo tarafından başlatılan ve Newton tarafından devam ettirilen bilimsel devrime karşı haksızlık ettiğini düşünüyorum. Onlar evrenin en azından bazı alanlarının gelişigüzel şekilde davranmadığını, kesin matematiksel yasalar tarafından yönetildiğini gösterdiler. O günden bugüne kadar geçen süre içinde Galileo ve Newton'un çalışmalarını evrenin hemen hemen her alanına uzatmış bulunuyoruz. Şu an normal yaşamda karşılaştığımız her şeyi yöneten matematiksel yasalara sahibiz. Ama şunu bilmek gerekir: parçacıkları çarpıştıkları zaman ne olacağını bilmediğimiz kadar yüksek enerjilerde hızlandırmak üzere dev makineler inşa etmek için milyarlarca dolar harcamamız başarımızın bir ölçüsü. Bu çok yüksek parçacık enerjileri yeryüzünde normal durumlarda oluşmaz, bu yüzden onları incelemek için büyük paralar harcamak akademik veya gereksiz görünebilir. Ama şunu bilmek gerekir: bu yüksek parçacık enerjilerinin evrenin başlangıç aşamasında var olmuştur ve bu yüzden kendimizin ve evrenin nasıl başladığını anlamak için bu enerjilerde ne olduğunu araştırmak gerekir.

Hâlâ evren hakkında bilmediğimiz veya anlamadığımız çok şey var. Ama özellikle son yüzyılda gerçekleştirmiş olduğumuz büyük ilerlemeler evrende olup biteni tam olarak anlamamızın gücümüzün ötesinde olmadığına inanma bizi cesaretlendiriyor. Sonsuza kadar karanlıkta el yordamıyla yürümek zorunda

olmayabiliriz. Evrenin teorisini ortaya koyabiliriz. İşte o zaman gerçekten Evrenin Efendileri oluruz.

Bu kitaptaki bilimsel yazılar, evrenin şimdi kısmen kavrayabileceğimiz ve fazla uzak olmayan bir gelecekte tam olarak anlayabileceğimiz bir düzenle yönetildiği inancıyla yazılmıştır. Bunun yalnızca bir hayal olması, en temel teori niteliğinde bir teori olmaması, varsa da bizim onu bulamamamız söz konusu olabilir. Fakat umutsuz olmaktansa bunu öğrenmek için uğraşmanın daha iyi olduğu kesindir.

Stephen Hawking
31 Mart 1993

1

ÇOCUKLUK[1]

Ben Galileo'nun ölümünden tam olarak üç yüz yıl sonra, 8 Ocak 1942'de doğdum. Ancak tahminimce o gün iki yüz bin başka bebek de doğdu. Onlardan herhangi birinin daha sonraları astronomiyle ilgilenip ilgilenmediğini bilmiyorum. Ailem Londra'da oturuyordu, ama ben Oxford'da doğdum. Bunun nedeni, Oxford'un İkinci Dünya Savaşı sırasında doğmak için iyi bir yer olmasıdır. Almanlar İngiltere'nin Heidelberg ve Göttingen'i bombalamaması karşılığında, Oxford ve Cambridge'i bombalamayacakları konusunda bir anlaşma yapmışlardı. Ne yazık ki, bu tür uygarca düzenlemeler daha fazla şehri kapsayacak şekilde genişletilememiştir.

Babam Yorkshire'lıdır. Onun babası, benim büyükbabam varlıklı bir çiftçiydi. Çok fazla çiftlik satın almış ve bu yüzyılın başındaki ekonomik buhran sırasında iflas etmişti. Bu durum babamın ailesini çok kötü bir duruma sokmuşsa da, onu Oxford'a tıp eğitimi almak için göndermelerine engel olamamıştır. Babam daha sonra tropik tıpta araştırma çalışmasına başladı. 1937 yılında Doğu Afrika'ya gitti. Savaş başladığında

---

[1] Bu yazı ve sonraki yazı Eylül 1987'de Zürih'te Uluslararası Motor Nöron Hastalığı Derneği'nde yaptığım konuşma metnindendir, Ağustos 1991'de yazılmış yazılarla birleştirilmiştir.

gönüllü olarak askerlik yapmak üzere İngiltere'ye gidecek bir gemi bulmak için Afrika'da bir kara yolculuğu yaptı. Ancak ona tıbbi araştırmalarda daha değerli olduğu söylendi.

Annem İskoçya, Glasgow'da bir aile doktorunun yedi çocuğundan ikincisi olarak doğmuştu. On iki yaşına geldiğinde aile güneye Devon'a taşındı. Babamın ailesi gibi durumları kötüydü. Yine de annemi Oxford'a göndermeyi başardılar. Oxford'dan sonra annem sevmediği, vergi denetmenliği de dahil olmak üzere, çeşitli işlerde çalıştı. Bir sekreter olmak üzere bu işten çıktı. Bu onun savaşın ilk yıllarında babamla tanışmasını sağladı.

Biz Kuzey Londra'da Highgate'te oturuyorduk. Kız kardeşim Mary benden on sekiz ay sonra doğmuştu. Bana onun doğumunu iyi karşılamadığım söylendi. Bütün çocukluğumuz boyunca aramızda az yaş farkıyla beslenen belli bir gerilim söz konusu oldu. Ancak yetişkinlik dönemimizde farklı yollarda ilerlerken bu tamamen ortadan kayboldu. O doktor oldu bu babamı çok memnun etti. Küçük kız kardeşim Philippa ben yaklaşık beş yaşındayken, artık her şeyin farkında olmaya başladığım bir zamanda doğdu. Üçümüz oyun oynayabilelim diye onun gelişini iple çektiğimi anımsıyorum. O çok hareketli ve akıllı bir çocuktu. Düşünüş tarzı ve fikirlerine her zaman saygı duydum. Küçük erkek kardeşim Edward çok daha sonraları, ben on dört yaşındayken doğdu; bu yüzden çocukluk dönemime yetişmedi. Akademik ve entelektüel olmayışıyla bizlerden çok farklıydı. Bu büyük olasılıkla bizim için iyi bir durumdu. Oldukça zor bir çocuktu, fakat onu sevmekten kendinizi alamazdınız.

Anımsadığım en eski şey, Highgate'te Byron House çocuk yuvasında bulunduğum ve çılgınca ağladığımdır. Çocuklar oyuncaklarla oynuyorlardı. Onlara katılmak istiyordum, fakat yalnızca iki buçuk yaşındaydım ve bu, bilmediğim insanların yanında ilk kalışımdı. Ailemin benim tepkime oldukça şaşırmış olduğunu sanıyorum, çünkü onların ilk çocuklarıydım ve onlar çocukların iki yaşında sosyal ilişki kurmaya başlamaları gerektiğini söyleyen çocuk gelişim kitapları okuyorlardı. O korkunç sabahtan sonra beni oradan aldılar ve ancak bir buçuk yıl sonra Byron House'a geri götürdüler.

O zamanlar, savaş sırasında ve savaştan hemen sonra, Highgate bazı bilim insanlarının ve akademisyenlerin oturduğu bir yerdi. Bir başka ülkede onlara entelektüel denirdi, fakat İngilizler hiçbir zaman entelektüel olduklarını kabul etmemiştir. Tüm bu aileler çocuklarını o zamanlar çok ilerici bir okul olan Byron House'a gönderiyordu. Aileme onların bana hiçbir şey öğretmedikleri konusunda yakındığımı anımsıyorum. O zamanki kabul edilmiş olan öğretme yöntemine inanmıyorlardı. Onun yerine, size bir şey öğretildiğini fark etmeden okumayı öğrenmeniz gerekiyordu. Sonunda okumayı öğrenmiştim, ama bu oldukça geç olmuştu; sekiz yaşındaydım. Kız kardeşim Philippa'ya daha geleneksel yöntemlerle okuma öğretildi; dört yaşına gelene kadar okumayı öğrenmişti. O zamanlar o kesinlikle benden daha parlak bir çocuktu.

Ailemin savaş sırasında, herkesin Londra'nın bombalanıp dümdüz edileceğini düşündüğü bir zamanda, çok ucuza satın almış olduğu uzun, dar bir Viktorya tipi evde oturuyorduk. Birgün birkaç ev uzağımıza bir V2 roketi düştü. O sırada ben, annem ve kız kardeşimle birlikte dışardaydım, fakat babam evdeydi. Neyse ki ona bir şey olmadı ve evde fazla hasar yoktu. Fakat yıllarca, yolun aşağısında, karşıda üç ev ötede oturan arkadaşım Howard'la üzerinde oyun oynadığımız büyük bir bomba alanı oluştu. Howard benim için bir keşifti, çünkü onun ailesi bildiğim tüm diğer çocukların aileleri gibi entelektüel değildi. Byron House'a değil, konsey okuluna gitti ve benim ailemin devam edilmesini hayal etmiş olamayacağı futbol ve boks gibi sporları biliyordu.

Bir başka eski anım ilk tren setimi alışımdır. Savaş sırasında, en azından iç pazar için, oyuncak imal edilmiyordu. Fakat ben maket trenlere karşı tutkulu bir ilgi duyuyordum. Babam bana tahtadan bir tren yapmayı denedi, ama ben çalışan bir şey istediğim için o beni tatmin etmedi. Böylece babam elden düşme mekanik bir tren aldı, lehimleyerek tamir etti ve yaklaşık üç yaşındayken Noel hediyesi olarak bana verdi. Bu tren çok iyi çalışmadı. Fakat savaştan hemen sonra babam Amerika'ya gitti. *Queen Mary*'yle geri geldiğinde anneme o zamanlar Britanya'da bulunmayan bazı naylon eşyalar getirdi.

Kız kardeşim Mary'ye yatırıldığı zaman gözlerini kapatan bir bebek almıştı, bana lokomotifi ve sekiz şeklinde rayları olan bir Amerikan treni getirmişti. Kutuyu açtığım zamanki heyecanımı hâlâ anımsayabiliyorum.

Mekanik trenlerin hepsi çok iyiydi, fakat benim gerçekte istediğim elektrikli trendi. Highgate yakınında Crouch End'de bir vagon maketini izleyerek saatler geçiriyordum. Elektrikli tren rüyası görüyordum. Sonunda anne ve babamın uzakta olduğu bir gün, bankadan insanların bana vaftiz edilişim gibi çok özel olaylarda vermiş oldukları çok mütevazi miktardaki paranın tamamını çekme fırsatı buldum. Parayı bir elektrikli tren seti almak için kullandım; ama ne sinirlendirici bir şey ki, iyi çalışmadı. Şimdi biz tüketici haklarını biliyoruz. Tren setini geri götürüp dükkanın veya imalatçının onu değiştirmesini istemem gerekiyordu; fakat o günlerde bir şey satın almak bir imtiyazdı ve eğer arızalı çıkarsa o yalnızca sizin kötü şansınız oluyordu. Böylece makinenin elektrik motorunun tamiri için para harcadım; ama hiçbir zaman çok iyi çalışmadı.

Daha sonraları ilk gençlik dönemimde maket uçaklar ve gemiler yaptım. Ellerimi gerektiği kadar iyi kullanamıyordum; fakat bu işi benden çok daha iyi olan ve evlerinde babasının bir atölyesi bulunan okul arkadaşım John McClenahan'la yaptım. Benim amacım her zaman, kontrol edebileceğim çalışan maketler yapmaktı, neye benzediklerine aldırış etmiyordum. Kanımca beni bir başka okul arkadaşım Roger Ferneyhough'la bir dizi çok karmaşık oyun icat etmeye yönelten de aynı itkiydi. İçinde farklı renklerde ünitelerin yapıldığı fabrikaları, bu ünitelerin üzerlerinde taşındıkları kara yolları, demiryolları ve bir borsası olan imalat oyunu vardı. 4000 kareli bir tahtada oynanan bir savaş oyunu ve hatta içinde her oyuncunun bir aile ağacı olan tüm bir hanedanı temsil ettiği bir feodalite oyunu da vardı. Kanımca trenler, gemiler ve uçakların yanı sıra bu oyunlar her şeyin nasıl çalıştığını anlama ve kontrol etmeyi bilme konusundaki bir dürtüden geliyordu. Doktorama başlayalı bu gereksinimim kozmolojideki araştırmam tarafından karşılanmıştır. Eğer evrenin nasıl çalıştığını anlarsanız, onu bir şekilde kontrol edersiniz.

1950 yılında babamın işyeri Highgate yakınındaki Hampstead'den Londra'nın kuzey kenarında Mill Hill'de yeni inşa edilen National Institute for Medical Research'e taşındı. Highgate'ten işyerine yolculuk yapmak yerine, Londra dışına taşınmak ve şehre yolculuk yapmak daha akla uygun geldi. Bu nedenle ailem Mill Hill'in on mil, Londra'nın otuz kilometre kadar kuzeyinde katedral şehri St. Albans'ta bir ev satın aldı. Bu ev belli bir güzellik ve özellik taşıyan büyük, Viktorya tipi bir evdi. Bu evi satın aldığında ailemin durumu pek iyi değildi ve içine taşınmamızdan önce üzerinde oldukça fazla iş yapmak zorunda kalındı. Daha sonra babam, bir Yorkshire'lı olarak, herhangi bir tamir işine para ödemeyi reddetti, onarım ve boya işini elinden geldiğince kendisi yapmaya çalıştı. Ama bu büyük bir evdi ve babam bu tür işlerde fazla becerikli değildi. Ancak ev sağlam yapılıydı, bu eksikliğe dayandı. 1985 yılında babam ağır hastayken (1986 yılında öldü) ailem bu evi sattı. Son günlerde onu gördüm. Üzerinde daha fazla çalışılmış gibi durmuyor, hâlâ eskisine çok benzer görünüyordu.

Bu ev hizmetçileri olan bir aileye göre tasarlanmıştı ve kilerde hangi odadan zil çalınmış olduğunu gösteren bir gösterge tahtası vardı. Kuşkusuz hizmetçilerimiz yoktu, fakat benim ilk yatak odam L şeklinde, büyük olasılıkla daha önce bir hizmetçinin kaldığı bir odaydı. Bu odayı benden biraz büyük olan ve kendisine büyük hayranlık duyduğum kuzenim Sarah'ın önerisi üzerine istemiştim. Sarah orada çok eğlenebileceğimizi söyledi. Odanın ilgi çekici yönlerinden biri pencereden bisiklet barakasının çatısına geçilebilmesi, oradan yere inilebilmesiydi.

Sarah annemin bir doktor olarak yetişen ve bir psikanalistle evlenen en büyük kız kardeşinin kızıydı. Onlar sekiz kilometre daha kuzeyde bir köy olan Harpenden'de oldukça benzer bir evde oturuyorlardı. St. Albans'a taşınmamızın nedenlerinden biri de onlardı. Sarah'a yakın olmak benim için büyük bir şanstı ve sık sık otobüsle Harpenden'e gidiyordum. St. Albans'ın kendi, Britanya'da Londra'dan sonra en önemli Romen yerleşim yeri olmuş olan eski Roma Verulamium şehrinin kalıntılarının yanındaydı. Ortaçağda Britanya'nın en zengin

manastırı buradaydı. Bu şehir Britanya'da Hıristiyan inancı nedeniyle idam edilen ilk kişi olduğu söylenen Roma yüzbaşısı Saint Albans'ın türbesi etrafında inşa edilmişti. Manastırdan geriye kalan, çok büyük ve oldukça çirkin bir manastır kilisesi ve daha sonraları benim gittiğim St. Albans School'un bir parçası haline gelmiş olan eski manastır giriş binasıydı.

Highgate ve Harpenden'le kıyaslanırsa, St. Albans biraz kaba ve tutucu bir yerdi. Annem ve babamın burada pek arkadaşı yoktu. Onlar, özellikle babam, yapı olarak oldukça içe kapalı kişiler olduklarından, bu kısmen onların kendi hatalarıydı. Fakat bu şehir aynı zamanda farklı bir nüfusu yansıtıyordu. Kuşkusuz St. Albans'taki okul arkadaşlarımın ailelerinden hiçbiri entelektüel olarak tanımlanamazdı.

Highgate'te ailemiz oldukça normal görülmüştü, fakat kanımca, St. Albans'ta sıradışı olarak değerlendirildiğimiz kesindi. Bu durum para tasarrufunda bulunmasına olanak sağladığı sürece görünüm konusunda hiçbir şeye aldırış etmeyen babamın davranışıyla artmıştı. O gençken ailesi çok yoksulmuş ve bu onda kalıcı bir etki bırakmış. Daha sonraki yıllarda maddi durumu uygunken bile, kendi konforu için para harcamaya dayanamazdı. Çok üşüdüğü halde eve kalorifer tesisatı koymayı reddetti. Onun yerine normal elbiselerinin üzerine çeşitli süveterler ve bir robdöşambr giyerdi. Ama başka insanlara karşı çok cömertti.

1950'lerde yeni bir araba almaya maddi gücümüzün yetmeyeceğini düşündü ve savaş öncesinden kalma bir Londra taksisi satın aldı. O ve ben garaj olarak bir baraka yaptık. Komşular öfkelenmişti, fakat bizi durduramadılar. Çocukların çoğu gibi genele uygun olma gereksinimi duyuyordum ve ailem beni utandırıyordu. Fakat bu hiçbir zaman onların canını sıkmadı.

St. Albans'a ilk geldiğimizde adına rağmen on yaşına kadar erkek çocukların da alındığı Kız Lisesi'ne gittim. Fakat bir dönem orada kaldıktan sonra babam hemen hemen her yıl yaptığı Afrika gezilerinden birine çıktı ve bu defa gezi dört ay kadar oldukça uzun bir süreyi aldı. Annem tüm o süre içinde terk edilmiş olmak istemedi, iki kız kardeşimi ve beni şair Robert Graves'le evlenmiş olan okul arkadaşı Beryl'i ziyarete götür-

dü. Onlar İspanyol adası Mallorca'da Deia adlı bir köyde yaşıyorlardı. Bu, savaştan yalnızca beş yıl sonraydı ve İspanya'nın diktatörü, Hitler ve Mussolini'nin bir müttefiği olmuş olan Francisco Franco hâlâ iktidardaydı. (Esasen o iki on yıl daha iktidarda kaldı.) Yine de savaştan önce Genç Komünistler Birliği'nin bir üyesi olmuş olan annem üç küçük çocukla gemi ve tren yoluyla Mallorca'ya gitti. Deia'da bir ev kiraladık ve çok güzel vakit geçirdik. Robert'ın oğlu William'la aynı öğretmenden ders alıyorduk. Bu öğretmen Robert'in himayesi altında biriydi ve bize öğretmenlik yapmaktan çok Edinburgh festivali için bir oyun yazmaya ilgi duyuyordu. Bu nedenle bize her gün İncil'den bir bölüm okuma ve onun üzerine bir parça yazma görevi verdi. Burada amaç bize İngiliz dilinin güzelliğini öğretmekti. Ben ayrılmadan önce tüm "Genesis" bölümünü ve "Exodus" bölümünün bir kısmını bitirdik. Bundan öğrendiğim başlıca şeylerden biri cümleye *Ve*'yle başlamamaktı. İncil'deki cümlelerin çoğunun *Ve*'yle başladığına işaret ettim, ama bana Kral James'in zamanından beri İngilizcenin değişmiş olduğu söylendi. O durumda neden bize İncil okutturulduğunu sordum. Bu boşunaydı. Robert Graves o zamanlar İncil'deki sembolizm ve mistisizme çok düşkündü.

Mallorca'dan döndüğümüzde bir yıl için bir başka okula gönderildim ve ardından eleven-plus [on bir artı] sınavı denen sınava girdim. Bu o zamanlar devlet okulunda eğitim isteyen tüm çocukların girdiği bir zekâ testiydi. Ancak bugün, bazı orta sınıf çocukları başarısız kaldığı ve akademik olmayan okullara gönderildikleri için, şimdi bu sınav kaldırılmıştır. Fakat ben testler ve sınavlarda kurs çalışmasından daha başarılı olma eğilimindeydim, böylece eleven-plus sınavını geçtim ve St. Albans School'da ücretsiz öğrenim hakkı elde ettim.

On üç yaşındayken babam başlıca "halka ait" –yani özel– okullardan biri olan Westminster School'a girmeyi denememi istedi. O zamanlar eğitimde sınıflara göre keskin bir ayırım vardı. Babam, özgüven ve çevre eksikliğinin, onun daha az yetenekli fakat daha fazla sosyal üstünlüğü olan kişiler tarafından geçilmesine yol açtığına inanıyordu. Ailemin durumu iyi olmadığı için bir burs kazanmak zorunda kalacaktım. Fakat sı-

nav günü hastaydım ve sınava giremedim. St. Albans School'da kaldım ve Westminster'da olacağından daha iyi değilse de, onun kadar iyi bir eğitim aldım. Hiçbir zaman sosyal üstünlük eksikliğimin bir engel olduğunu görmedim.

O zamanlar İngiliz eğitimi çok hiyerarşikti. Okullar akademik olanlar ve olmayanlar diye ayrılmakla kalmıyordu, akademik okullar da yeniden A, B ve C gruplarına bölünmüşlerdi. Bu durum A grubunda olanlar için iyiydi, ama B grubunda olanlar için o kadar iyi değildi, cesaretleri kırılan C grubunda olanlar içinse daha kötüydü. Eleven-plus sınavı sonuçları temelinde A grubuna yerleştirildim. Fakat ilk yıldan sonra sınıfta yirmincinin altında kalanlar B grubuna indiriliyordu. Bu, kendilerine güvenleri açısından bazılarının hiçbir zaman altından kalkamadığı muazzam bir darbeydi. St. Albans'taki ilk iki dönem yirmi dördüncü ve yirmi üçüncü oldum, fakat üçüncü dönem on sekizinci oldum ve böylece ucu ucuna kurtuldum.

Hiçbir zaman yaklaşık sınıf ortalamasının üstüne çıkmadım. (Sınıfım çok parlak bir sınıftı). Sınıf çalışmam çok düzensizdi ve elyazım öğretmenlerimi hayal kırıklığına uğratıyordu. Fakat sınıf arkadaşlarım bana "Einstein" takma adını takmışlardı, belki onlar daha iyi bir şeyin işaretini görmüşlerdi. On iki yaşındayken, arkadaşlarımdan birisi bir başkasıyla benim asla bir baltaya sap olamayacağım konusunda bir paket tatlısına iddiasına girdi. Bu iddianın sonuçlanıp sonuçlanmadığını, sonuçlandıysa nasıl sonuçlandığını bilmiyorum.

Altı yedi yakın arkadaşım vardı, bunların çoğuyla hâlâ bağlantıdayım. Telsiz kontrollü maketlerden dine, parapsikolojiden fiziğe kadar hemen hemen her şey hakkında uzun tartışmalarımız oluyordu. Konuştuğumuz şeylerden biri evrenin kökeni ve kurulup işlemesi için bir Tanrı'ya gerek olup olmadığıydı. Uzak galaksilerden gelen ışığın tayfın kırmızı ucuna doğru kaymış olduğunu ve bunun evrenin genişlemekte olduğunu gösterdiğinin kabul edildiğini duymuştum. (Mavi uca doğru bir kayma büzülmekte olduğu anlamına gelecekti.) Fakat kırmızıya kaymanın bir başka nedeni olması gerektiğine emindim. Belki ışık bize gelirken yoruluyor ve kırmızılaşıyordu. Esas olarak değişmeyen ve sonsuza kadar süren bir evren

çok daha doğal görünüyordu. Ancak iki yıllık doktora araştırmasından sonra yanıldığımı kavradım.

Okulun son iki yılına geldiğimde matematik ve fizikte uzmanlaşmak istedim. Bize esin veren Mr. Tahta adlı bir matematik öğretmeni vardı ve okulda matematikçilerin kendi sınıfları olarak ayırdıkları yeni bir matematik odası yapılmıştı. Fakat babam buna çok karşıydı. O matematikçilerin öğretmenlikten başka bir iş bulamayacaklarını düşünüyordu. Aslında benim tıp eğitimi almamı istiyordu, fakat bende, fazla tanımlayıcı olduğunu ve yeterince temel olmadığını düşündüğüm biyolojiye karşı hiçbir ilgi yoktu. Ayrıca biyolojinin okuldaki statüsü de oldukça düşüktü. En parlak çocuklar matematik ve fizikteydiler, daha az parlak olanlar biyolojideydiler. Babam biyolojiye girmeyeceğimi biliyordu, fakat benim kimyaya girmemi ve yanında biraz matematik almamı sağladı. Bunun benim bilimsel seçeneklerimi açık tutacağını düşünüyordu. Ben şimdi bir matematik profesörüyüm, fakat on yedi yaşında St. Albans School'dan ayrıldığımdan bu yana hiç resmi matematik eğitimi almadım. İlerledikçe bildiğim matematiği kullanmak zorunda kaldım. Cambridge'te lisans öğrencilerine denetmenlik yapıyordum ve derste onlardan bir hafta ilerde oluyordum.

Babam tropik hastalıklar konusunda araştırmalar yapıyordu ve beni Mill Hill'deki laboratuvarına götürürdü. Bu, özellikle mikroskoplardan bakmak, hoşuma giderdi. Ayrıca beni tropik hastalıklar taşıyan sivrisineklerin bulunduğu böcek yuvalarına da götürürdü. Bu beni endişelendirirdi, çünkü her zaman ortada serbestçe dolaşan birkaç sivrisinek görünürdü. Babam çok çalışkandı ve kendisini araştırmasına vermişti. O kadar iyi olmayan fakat uygun geçmiş ve bağlantıları olan başkalarının onu geçtiğini düşündüğü için biraz öfkeliydi. Beni bu tür insanlara karşı uyarırdı. Fakat kanımca fizik tıptan biraz farklıdır. Hangi okula gitmiş olduğunuz veya kiminle ilişkiniz olduğu önem taşımıyor. Ne yaptığınız önem taşıyor.

Her şeyin nasıl çalıştığı konusuna her zaman ilgi duyuyor ve nasıl çalıştıklarını anlamak üzere eşyaları parçalara ayırıyordum, fakat onları tekrar biraraya getirmede o kadar iyi değildim. Pratik becerilerim hiçbir zaman teorik sorgulama-

larımla uyuşmuyordu. Babam bilime ilgimi cesaretlendirdi ve hatta onun bilgisinden bir aşama öteye gidene kadar bana matematikte yol gösterdi. Bu geçmiş ve babamın işiyle bilimsel araştırmaya girecek olmam bana doğal görünüyordu. Erken yaşlarda bir bilim türüyle diğeri arasında ayırım yapamıyordum. Fakat on üç veya on dört yaşından itibaren en temel bilim olduğu için fizikte araştırma yapmak istediğimi biliyordum. Bu, fiziğin, okuldaki en sıkıcı konu olmasına karşın, çok kolay ve açık olması nedeniyle böyleydi. Kimya çok daha eğlenceliydi, çünkü boyuna patlamalar gibi beklenmedik şeyler oluyordu. Fakat fizik ve astronomi nereden geldiğimizi ve neden burada olduğumuzu anlama ümidi sunuyorlardı. Evrenin çok daha derinlerine inmek istiyordum. Belki küçük ölçüde başarmış bulunuyorum, fakat hâlâ bilmek istediğim çok şey var.

2

OXFORD VE CAMBRIDGE

Babam Oxford veya Cambridge'e gitmem konusunda çok ısrarlıydı. Kendisi Oxford University College'a gitmişti, bu yüzden benim oraya başvurmam gerektiğini, çünkü girişte daha fazla şansım olacağını düşünüyordu. O zamanlar University College'da matematikte öğretim elemanı yoktu. Bu da onun benim kimya çalışmamı istemesinin bir başka nedeniydi: Matematik yerine doğal bilimlerde bir burs için şansımı deneyebilirdim.

Ailem bir yıllığına Hindistan'a gitti, fakat ben A düzeyi sınavlarına ve üniversite giriş sınavına girmek üzere geride kaldım. Okul müdürüm Oxford'a girmeye çalışmak için fazla genç olduğumu düşünüyordu, ama ben Mart 1959'da okulda benden önceki yıldan iki erkek çocukla birlikte burs sınavına girmeye gittim. Çok kötü geçtiğine inanıyordum ve uygulamalı sınav sırasında üniversite öğretim üyelerinin diğer kişilerle konuşmaya gelip bana gelmemelerine çok üzülmüştüm. Ancak Oxford'dan döndükten birkaç gün sonra, bir burs kazandığımı bildiren bir telgraf aldım.

On yedi yaşındaydım ve benim yılımdan diğer çocukların çoğu askerlik yapmışlardı, çok daha büyüktüler. İlk yılımda ve ikinci yılımın bir kısmında kendimi oldukça yalnız hissettim.

Ancak üçüncü yılımda orada gerçekten mutlu oldum. O zamanlar Oxford'da egemen tavır çalışmaya karşıydı. Çaba sarf etmeden parlak olmanız veya sınırlarınızı kabul edip dördüncü sınıf bir derece almanız bekleniyordu. Daha iyi bir derece almak için fazla çalışmak "gri adam" olmak anlamına geliyordu, bu da Oxford sözlüğünde en kötü takma addı.

O zamanlar Oxford'daki fizik dersi fazla çalışma gerektirmeyecek şekilde düzenlenmişti. Giriş öncesinde bir sınava girdim, daha sonra Oxford'da üç yıl yalnızca sondaki final sınavıyla geçti. Bir defasında orada olduğum üç yılda yaklaşık bin saat çalışmış olduğumu hesapladım. Bu da ortalama olarak günde bir saat anlamına geliyordu. Bu çalışma eksikliğinden gurur duymuyorum, yalnızca o zamanki arkadaşlarımın çoğuyla paylaştığım tavrımı anlatıyorum. Bu tam bir can sıkıntısı tavrı ve hiçbir şeyin çaba göstermeye değmediği hissiydi. Hastalığımın bir sonucu tüm bunları değiştirmek oldu: Bir erken ölüm olasılığıyla karşı karşıya olduğunuzda, yaşamın yaşanmaya değer olduğunu ve yapmak istediğiniz birçok şey olduğunu kavrarsınız.

Çalışma eksikliğim nedeniyle, final sınavını teorik fizik problemlerini yapıp, olgulara dayanan bilgi gerektiren soruları yapmadan geçmeyi planladım. Ancak sınavdan önceki gece sinirsel gerilim nedeniyle uyuyamadım, bu yüzden sınav iyi geçmedi. Birinci ile ikinci sınıf derece arasında sınırdaydım ve hangisini alacağımın belirlenmesi için sınav sorumluları tarafından sözlüye alınmam gerekiyordu. Sözlüde bana geleceğe ilişkin planlarımı sordular. Araştırma yapmak istediğimi söyledim. Eğer birinci derece alırsam Cambridge'e gidecektim, yalnızca ikinci derece alırsam Oxford'da kalacaktım. Bana birinci dereceyi verdiler.

Temel olan ve üzerinde araştırma yapabileceğim iki teorik fizik alanı olduğunu düşünüyordum. Biri kozmoloji, çok büyüğün incelenmesi, diğeri temel parçacık fiziği, çok küçüğün incelenmesiydi. Ancak temel parçacıkların daha az çekici olduğunu düşünüyordum. Çünkü o zamanlar bilim insanları çok sayıda yeni parçacık buluyordu, ama doğru dürüst bir kuram yoktu. Tüm yapabildikleri botanikteki gibi parçacıkları aileler

halinde düzenlemekti. Diğer taraftan kozmolojide iyi tanımlanmış bir kuram, Einstein'ın genel görelilik kuramı vardı.

O zamanlar Oxford'da kozmoloji üzerinde çalışan kimse yoktu. Ancak Cambridge'te zamanın en tanınmış Britanyalı astronomu Fred Hoyle vardı. Bu nedenle Hoyle'la doktora yapmaya başvurdum. Birinci dereceyi kazanmam koşuluyla, Cambridge'te araştırma yapma başvurum kabul edildi. Fakat beni sıkan bir şey oldu; denetmenim Hoyle değil, adını duymamış olduğum Denis Sciama isimli bir adamdı. Ancak sonunda bunun en iyisi olduğu ortaya çıktı. Hoyle uzun süre yurt dışında oluyordu ve büyük olasılıkla onu pek fazla görmeyecektim. Diğer taraftan Sciama oradaydı ve sık sık onun fikirlerine katılmasam da, her zaman teşvik ediciydi.

Daha önce okulda veya Oxford'da fazla matematik çalışmamış olduğum için, başlangıçta genel görelilik kuramı çok zor geldi ve fazla ilerleyemedim. Ayrıca Oxford'daki son yılımda hareketlerimin oldukça hantallaştığını fark etmiştim. Cambridge'e gidişimden kısa süre sonra bana ALS, "Amyotrofik lateral skleroz" ya da İngiltere'de bilindiği şekliyle motor nöron hastalığı teşhisi kondu. (Birleşik Devletler'de bu hastalığa Lou Gehring hastalığı da denir.) Doktorlar hiçbir tedavi ya da daha fazla kötüleşme olmayacağı şeklinde bir teminat veremiyorlardı.

Başlangıçta hastalık oldukça hızlı ilerliyor göründü. Araştırma çalışmasını yapmam pek anlamlı görünmüyordu, çünkü doktoramı bitirmeye yetecek kadar uzun süre yaşamayı beklemiyordum. Ancak zaman geçtikçe hastalık yavaşlar gibi oldu. Ayrıca genel göreliliği anlamaya ve çalışmamda ilerlemeye başladım. Fakat gerçekte farkı yaratan şey, ALS teşhisi konduğu günlerde tanışmış olduğum Jane Wilde adlı bir kızla nişanlanmamdı. Bu bana uğruna yaşanacak bir şey verdi.

Evleneceksek, bir işim olması gerekiyordu ve bir işim olması için doktoramı bitirmek zorundaydım. Bu yüzden yaşamımda ilk defa çalışmaya başladım. Şaşırtıcı bir şekilde bunu sevdiğimi fark ettim. Belki bunu çalışma diye isimlendirmek doğru olmaz. Birisi bir keresinde şöyle söylemişti: Bilim insanları ve fahişeler hoşlandıkları şeyleri yapmaları karşılığında para alırlar.

Gonville ve Caius College'da (Keys olarak okunur) öğretim üyeliği için başvuruda bulundum. Başvurumu Jane'in daktilo edeceğini umuyordum, fakat Cambridge'e beni görmeye geldiğinde, kolu kırılmış ve alçıdaydı. Gerekenden daha az cana yakın davranmış olduğumu kabul etmeliyim. Ancak sol koluydu, bu yüzden ben söylerken başvurumu yazmayı başardı ve sonra bir başkasının daktilo etmesini sağladı.

Başvurumda, çalışmamla ilgili referans verebilecek iki kişinin adını vermem gerekiyordu. Denetmenim, Herman Bondi'den bunlardan biri olmasını istememi önerdi. Bondi o zamanlar Londra Kings College'da matematik profesörü ve genel görelilik uzmanıydı. Birkaç defa onunla karşılaşmıştım ve *Proceedings of the Royal Society* dergisinde yayınlanmak üzere yazdığım bir yazının teslimini o yapmıştı. Cambridge'te yaptığı bir konuşmadan sonra ona isteğimi söyledim. Bana belirsiz bir şekilde baktıktan sonra "evet, olur" dedi. Beni anımsamadığı açıktı. Çünkü kolej ona referans için yazdığında benim adımı duymadığı yanıtını verdi. Bugünlerde kolej öğretim üyeliği için başvuran o kadar çok kişi var ki, adayın referans gösterdiği kişilerden biri onu tanımadığını söylerse, şansı kalmaz. Fakat o zamanlar daha sakin zamanlardı. Kolej referans gösterdiğim kişinin utandırıcı yanıtını bana yazdı. Bunun üzerine, denetmenim Bondi'ye gidip onun belleğini tazeledi. O zaman Bondi bana, büyük olasılıkla hak ettiğimden çok daha iyi olan, bir referans yazdı. İşe kabul edildim ve o zamandan beri Caius College'da öğretim üyesiyim.

Öğretim üyesi olmam, Jane'le evlenebileceğim anlamına geliyordu. Bunu Temmuz 1965'te gerçekleştirdik. Bir haftalık balayı süremizi Suffolk'da geçirdik; maddi gücüm ancak ona yetiyordu. Daha sonra New York'un taşra kesimindeki Cornell Üniversitesi'nde genel görelilik konulu bir yaz okuluna gittik. Bu bir hataydı. Gürültücü küçük çocukları olan çiftlerle dolu bir yurtta kaldık ve bu evliliğimize gerilim verdi. Ancak diğer yönlerden, yaz okulu benim için çok yararlı oldu; çünkü alanımda önde gelen insanların birçoğuyla tanıştım.

1970'e kadar, araştırmam kozmoloji, büyük ölçekte evrenin incelenmesi üzerineydi. Bu dönemde en önemli çalışmam

tekillikler üzerindeki çalışmamdı. Uzak galaksilerin gözlemlenmesi onların bizden uzaklaştığını gösteriyor: evren genişlemektedir. Bu, galaksilerin geçmişte birbirlerine daha yakın olmuş oldukları anlamına geliyor. O zaman şu soru gündeme gelir: Geçmişte tüm galaksilerin birbirlerinin üzerinde olduğu ve evrenin yoğunluğunun sonsuz olduğu bir zaman var mıydı? Ya da galaksilerin birbirlerine çarpmayı önlemeyi başardığı daha önceki bir büzülme aşaması var mıydı? Belki birbirlerinin yanından uçup geçtiler ve birbirlerinden uzaklaşmaya başladılar. Bu soruya yanıt vermek yeni matematik teknikler gerektiriyordu. Bunlar 1965 ile 1970 yılları arasında esas olarak Roger Penrose ve benim tarafımdan geliştirildi. Penrose o zamanlar Londra Birkbeck College'daydı, şimdi Oxford'dadır. Biz bu teknikleri, eğer genel görelilik kuramı doğruysa, geçmişte bir sonsuz yoğunluk durumunun var olması gerektiğini göstermek üzere kullandık.

Sonsuz yoğunluk durumu Büyük Patlama tekilliği olarak isimlendirilir. Bu, eğer genel görelilik kuramı doğruysa, bilimin evrenin nasıl başlamış olduğu konusunda öngörüde bulunamayacağı anlamına gelecekti. Ama benim daha sonraki çalışmalarım, eğer çok küçüğün teorisi, kuantum fiziği kuramı, dikkate alınırsa evrenin nasıl başlayacağı konusunda öngörüde bulunmanın mümkün olduğunu göstermektedir.

Genel görelilik aynı zamanda, kütleli yıldızların nükleer yakıtlarını bitirdiklerinde kendi üzerlerine çökeceği öngörüsünde bulunur. Penrose ile benim yaptığım çalışma onların sonsuz yoğunlukta bir tekilliğe ulaşmalarına kadar çökmeye devam edeceklerini göstermiştir. Bu tekillik, en azından yıldız ve onun üzerindeki herhangi bir şey için, zamanın bir sonu olacaktır. Tekilliğin kütleçekim alanı o kadar büyük olur ki, ışık onun çevresindeki bölgeden kaçıp kurtulamaz, kütleçekim alanı tarafından geriye çekilir. Kendisinden kaçıp kurtulmanın mümkün olmadığı bölgeye kara delik, onun sınırına da olay ufku denir. Olay ufkundan kara deliğin içine düşen herhangi bir şey veya herhangi bir kişi tekillikte zamanın sonuna gelecektir.

1970 yılında bir gece, kızım Lucy'nin doğumundan kısa süre sonra, yatarken kara delikler üzerinde düşünüyordum. Birden-

bire Penrose ve benim tekillikleri kanıtlamak için geliştirmiş olduğumuz tekniklerin birçoğunun kara deliklere uygulanabileceğini kavradım. Özel olarak kara deliğin sınırı olay ufkunun alanı zamanla azalamazdı. Ve iki kara delik çarpıştıkları ve tek bir delik oluşturmak üzere birleştiklerinde en son deliğin ufkunun alanı başlangıçtaki kara deliklerin ufuklarının alanlarının toplamından daha büyük olacaktı. Bu, çarpışmada yayılabilecek enerji miktarına önemli bir sınır getiriyordu. O kadar heyecanlanmıştım ki, o gece pek uyuyamadım.

1970'ten 1974'e kadar esas olarak kara delikler üzerinde çalıştım. Fakat 1974 yılında belki de en şaşırtıcı keşfimi yaptım: Kara delikler tamamen kara değildirler! Maddenin küçük ölçekli davranışı dikkate alındığında, parçacıklar ve ışınım [radyasyon] bir kara delikten dışarıya sızabilir. Kara delik sanki bir sıcak cisim gibi ışınım yayar.

1974 yılından beri genel görelilik ve kuantum mekaniğini tutarlı bir teori halinde birleştirmeye çalışıyorum. Bunun bir sonucu benim Santa Barbara California Üniversitesi'nden Jim Hartle'la 1983 yılında yaptığım şu öneri oldu: Hem zaman hem de uzay, boyut olarak sonludurlar, fakat bir sınıra veya kenara sahip değildirler. Onlar yeryüzünün yüzeyi gibidirler, fakat iki boyutları daha vardır. Yeryüzünün yüzeyi alan olarak sonludur, fakat bir sınırı yoktur. Tüm yolculuklarımda Dünya'nın kenarından düşmeyi başaramadım. Eğer bu öneri doğruysa, hiçbir tekillik olmaz ve bilimin yasaları, evrenin başlangıcı da dahil olmak üzere, her yerde geçerli olur. Evrenin başlayış şekli bilimin yasaları tarafından belirlenmiş olur. Ben evrenin *nasıl* başlamış olduğunu keşfetme tutkum konusunda başarılı olmuş olurum. Fakat hâlâ *neden* başlamış olduğunu bilmiyorum.

3

ALS DENEYİMİM[1]

Bana sık sık "ALS hastalığınız olması sizde nasıl bir duygu yaratıyor?" diye soruluyor. Bunun yanıtı, "fazla bir şey değil"dir. Mümkün olduğu kadar normal bir yaşam sürdürmeye, durumumu düşünmemeye ve durumumun yapmamı engellediği şeyler –sayısı o kadar çok değil– için üzülmemeye çalışıyorum.

Motor nöron hastalığına sahip olduğumu öğrenmek benim için büyük bir şok oldu. Bir çocuk olarak hiçbir zaman fiziksel becerilerde iyi değildim. Top oyunlarında iyi değildim ve belki bu nedenle spor veya fiziksel faaliyetlerle fazla ilgilenmiyordum. Fakat Oxford'a gittiğim zaman durumun değiştiği görüldü. Dümencilik ve kürekçilik yaptım. Bot Yarışı standardında değildim, fakat kolejler arası yarışma düzeyinde oldum.

Fakat Oxford'daki üçüncü yılımda gittikçe daha fazla hantallaşmaya başladığımı fark ettim ve bir iki defa görünürde bir neden yokken düştüm. Ancak ertesi yıl, Cambridge'e başladığımda, babam durumu fark etti ve beni aile doktoruna götürdü. O da beni bir uzmana gönderdi ve yirmi birinci yaş günümden kısa süre sonra testler için hastaneye gittim. Orada iki hafta kaldım ve bu süre içinde çok çeşitli testlerden geçtim.

---

[1] Ekim 1987'de Birmingham'da Britanya Motor Nöron Hastalığı Derneği konferansında yapılan bir konuşmanın metnidir.

Kolumdan bir kas örneği aldılar, elektrotlar taktılar, omurgama X ışını ve diğer biçimlerdeki ışınımı geçirmeyen bir sıvı enjekte ettiler ve onlar yatağı eğerken X ışınlarıyla sıvının aşağı yukarı gidişini izlediler. Tüm bunlardan sonra bana neyim olduğunu bilmediklerini, ama multipl skleroz olmadığımı, benim durumumun tipik olmayan bir durum olduğunu söylediler. Ancak hastalığımın kötüleşmeye devam etmesini beklediklerini ve bana vitaminler vermekten başka yapabilecekleri bir şey olmadığını anladım. Vitaminlerin fazla bir etkisi olmasını beklemediklerini görebiliyordum. Daha fazla ayrıntıyı sormak içimden gelmedi, çünkü ayrıntıların kötü olduğu açıktı.

Birkaç yıl içinde beni öldürmesi olası, tedavisi olmayan bir hastalığım olduğunu kavramak bir şok gibiydi. Böyle bir şey nasıl benim başıma gelebilirdi? Neden böyle kesilip atılmalıydım? Ancak hastanedeyken karşımdaki yatakta bildiğim kadarıyla kan kanserinden ölen bir çocuk görmüştüm. Hoş bir görünüm olmamıştı. Benden daha kötü durumda insanların olduğu açıktı. En azından benim durumum beni hasta etmiyordu. Kendime üzülme eğilimi duyduğumda o çocuğu anımsarım.

Bana ne olacağını veya hastalığın ne kadar hızlı ilerleyeceğini bilmeden boşlukta duruyordum. Doktorlar bana Cambridge'e dönmemi ve yeni başlamış olduğum genel görelilik ve kozmoloji araştırmama devam etmemi söylediler. Fakat fazla matematiksel temelim olmadığı için iyi ilerlemiyordum –ve ne de olsa doktoramı bitirmeye yetecek kadar uzun süre yaşamayabilirdim. Kendimi biraz trajik durumda hissediyordum. Wagner dinlemeye koyuldum, fakat çok fazla içtiğim şeklinde dergilerde çıkan haberler abartmalıdır. Sorun şu ki, bu bir defa bir yazıda söylendi, diğer yazılar kopyaladı, çünkü iyi bir öykü oluşturuyordu. Basında o kadar çok çıkmış olan bir şeyin doğru olması gerekir düşüncesi yaygındır.

O zamanlar rüyalarım oldukça sıkıntılıydı. Durumum teşhis edilmeden önce yaşamdan çok sıkılmıştım. Yapmaya değer hiçbir şey yok gibi görünüyordu. Fakat hastaneden çıkışımdam kısa süre sonra rüyamda idam edilecek olduğumu gördüm. Birdenbire cezam ertelenirse yapmaya değer çok şey olduğunu

kavradım. Çeşitli defalar gördüğüm bir başka rüyada başkalarını kurtarmak için hayatımı feda ediyordum. Sonunda, nasıl olsa öleceksem, bu bir işe de yarayabilirdi.

Fakat ölmedim. Aslında geleceğimin üzerinde asılı bir bulut olmasına karşın, beni şaşırtacak bir şekilde, mevcut yaşamdan eskisinden daha çok tad aldığımı fark ettim. Araştırmamda ilerlemeye başladım. Nişanlandım ve evlendim. Cambridge Caius College'da öğretim üyeliği görevine alındım.

Caius'ta öğretim üyeliği benim acil iş problemimi çözdü. Teorik fizik alanında çalışmayı seçmiş olmakla şanslıydım; çünkü bu benim durumumun ciddi bir engel olmayacağı birkaç alandan biriydi. Ve yetersizliğimin arttığı günlerde bilimsel saygınlığım artmış olduğu için de şanslıydım. Bu insanların bana ders vermek zorunda olmadan yalnızca araştırma yapmak zorunda olduğum bir dizi pozisyon önermeye hazır oldukları anlamına geliyordu.

Ev bulma konusunda da şanslıydık. Evlendiğimizde Jane hâlâ Londra'da Westfield College'da öğrenciydi, bu yüzden hafta içinde Londra'ya gitmek zorundaydı. Bu benim kendi kendime bakabileceğim ve uzun süre yürüyemediğim için merkezi bir yerde olacak bir ev bulmamız gerektiği anlamına geliyordu. Okula yardımcı olup olamayacaklarını sordum, o zamanki muhasebe müdürü tarafından öğretim görevlilerine ev bulmada yardım etmemenin okulun politikası olduğu yanıtı verildi. Bu nedenle pazar yerinde inşa edilmekte olan bir grup yeni daireden birinde kiracı olmak üzere adımızı yazdırdık. (Yıllar sonra o dairelerin gerçekte okula ait olduğunu keşfettim, fakat onlar bunu bana söylemediler.) Ancak Amerika'da geçirdiğimiz yazdan okula döndüğümüzde dairelerin hazır olmadığını gördük. Muhasebe müdürü büyük bir taviz olarak lisansüstü öğrencilerin kaldığı bir yurtta bir oda teklif etti. Bize "Normal olarak bu odadan bir gece için on iki şilin altı peni alıyoruz, ama iki kişi kalacağınız için, yirmi beş şilin alacağız" dedi.

Orada yalnızca üç gece kaldık. Daha sonra üniversite departmanımdan yaklaşık yüz metre ötede küçük bir ev bulduk. Bu ev bir başka koleje aitti ve o kolejin öğretim görevlilerinden birine verilmişti. Evi kiralayan öğretim görevlisi son günlerde

banliyöde bir eve taşınmıştı ve kendi kira döneminin kalan üç ayı için evi bize devren kiraya verdi. Bu üç ay içinde aynı yolda boş duran bir başka ev bulduk. Bir komşu Dorset'ten evin sahibini çağırdı ve genç insanlar ev ararken bu evin boş kalmasının bir skandal olduğunu söyledi, böylece ev sahibi evi bize verdi. Orada birkaç yıl yaşadıktan sonra onu satın almak istedik ve okuldan ipotekli kredi desteği isteğinde bulunduk. Okul keşifte bulundu ve o evin iyi bir risk olmadığı sonucuna vardı. Sonunda bir inşaat topluluğundan ipotekli kredi aldık ve ailem evi yeniden düzenlememiz için bize para verdi.

Orada dört yıl daha, merdivenlere çıkmam çok zorlaşana kadar kaldık. O zamana kadar kolej bana daha çok değer verir oldu ve farklı bir muhasebe müdürü vardı. Bu yüzden, bize sahibi oldukları bir evde zemin katı daireyi önerdiler. Burası benim için çok uygun oldu, çünkü büyük odaları ve geniş kapıları vardı. Üniversite departmanıma veya koleje elektrikli sandalyemde gidebileceğim kadar merkezi bir yerdeydi. Burası ayrıca üç çocuğumuz için de iyi oldu, çünkü okul bahçıvanlarının baktığı bir bahçeyle çevriliydi.

1974 yılına kadar kendim yemek yiyebiliyor ve yatıp kalkabiliyordum. Jane dışardan yardım almadan bana bakmayı ve iki çocuk yetiştirmeyi başardı. Ancak daha sonraları her şey daha zorlaştı; bu yüzden araştırma öğrencilerimden birinin bizimle kalması uygulamasına başladık. Ücretsiz kalacak yer sağlama ve benim yoğun ilgim karşılığında, bana yatıp kalkmamda yardım ediyorlardı. 1980 yılında sabah ve akşam bir veya iki saat için gelen kamu adına çalışan ve özel sağlık kuruluşlarından hemşirelerin yardımını alma uygulamasına geçtik. Bu durum 1985 yılında zatürreeye yakalanmama kadar sürdü. Bir nefes borusunu açma ameliyatı geçirmem gerekti ve o zamandan sonra yirmi dört saat hastabakıcı bakımına gereksinim duyar oldum. Bu çeşitli kuruluşlardan gelen bağışlar sayesinde mümkün oldu.

Ameliyattan önce konuşmam daha belirsiz olmaya başlamıştı, öyle ki yalnızca beni iyi tanıyan insanlar anlayabiliyorlardı. Ama en azından iletişim kurabiliyordum. Bir sekretere dikte ettirerek bilimsel yazılar yazdım ve benim sözcüklerimi

daha net şekilde tekrarlayan bir çevirmen kanalıyla konferanslar verdim. Ancak nefes borusunu açma ameliyatı benim konuşma yeteneğimi tümden kaldırdı. Bir süre için iletişim kurabildiğim tek yol, biri bir harf kartındaki harflerden doğru olana işaret ettiğinde kaşlarımı kaldırarak harf harf sözcükleri oluşturmaktı. Bilimsel bir yazı yazmayı bırakalım, böyle bir sohbeti sürdürmek bile oldukça zordur. Ancak California'dan Walt Woltosz adlı bir bilgisayar uzmanı benim kötü durumumu duymuştu. Kendi yazmış olduğu Equalizer adlı bilgisayar programını bana gönderdi. Bu program elimdeki bir düğmeye basarak ekrandaki bir dizi menüden sözcükler seçmeme olanak veriyordu. Program aynı zamanda bir baş veya göz hareketiyle de kontrol edilebilmekte. Söylemek istediğimi oluşturduktan sonra onu bir konuşma sentezcisine gönderebiliyorum.

Başlangıçta Equalizer programını sadece bir masaüstü bilgisayarda çalıştırıyordum. Daha sonra Cambridge Adaptive Communications'tan David Mason tekerlekli sandalyeme küçük bir kişisel bilgisayar ve bir konuşma sentezcisi monte etti. Bu sistem benim eskiden olduğundan çok daha iyi şekilde iletişim kurmama olanak sağladı. Dakikada on beş kadar sözcük kullanabiliyorum. Yazdığımı konuşabilirim veya disk üzerinde saklayabilirim. Daha sonra çıktısını alabilir veya geri getirip cümle cümle seslendirebilirim. Bu sistemi kullanarak iki kitap ve bazı bilimsel yazılar yazdım. Ayrıca bazı bilimsel ve popüler konuşmalar da yaptım. Bunların hepsi iyi geçti. Kanımca bu büyük ölçüde Speech Plus tarafından yapılmış olan konuşma sentezcisinin kalitesinden kaynaklanıyor. İnsanın sesi çok önemlidir. Eğer peltek bir sesiniz varsa, insanların size zihinsel yetersizliği olan bir kişi gibi muamele etmesi olasıdır. Bu sentezci şimdiye kadar duyduğum en iyi sentezcidir, çünkü tonlama değişikliği yapıyor ve bir Dalek* gibi konuşmuyor. Tek sorun bana Amerikan aksanı vermesidir. Şimdiye kadar bu sesle özdeşleştim. İngiliz aksanlı bir sentezci verilse de bunu değiştirmek istemem. O zaman kendimi farklı bir insan olmuş gibi hissederim.

---

* Ünlü TV dizisinde geçen uzaylı tür –çn.

Hemen hemen yetişkin yaşamımın tamamında motor nöron hastalığım oldu. Ama yine de bu benim çok çekici bir aileye sahip olmamı ve işimde başarılı olmamı engellemedi. Bu durum benim eşimden, çocuklarımdan ve çok sayıda başka kişi ve kuruluşlardan aldığım yardımlar sayesindedir. Durumumun bu hastalıkta genellikle olduğundan daha yavaş ilerlemiş olması nedeniyle şanslıyım. Bu kişinin umudunu kaybetmemesi gerektiğini gösteriyor.

4

BİLİME KARŞI HALKIN TAVRI[1]

Beğensek de beğenmesek de, içinde yaşadığımız dünya son yüzyılda büyük ölçüde değişmiştir ve gelecek yüz yılda daha da fazla değişme olasılığı yüksektir. Bazı insanlar bu değişiklikleri durdurmak, daha saf ve daha basit bir çağ olarak gördükleri eski çağa geri dönmek istiyor. Fakat tarihin gösterdiği gibi, geçmiş o kadar güzel değildi. Modern tıp olmadan yaşamak zorunda olmaları ve kadınlar için doğum yapmanın son derece riskli olmasına karşın, ayrıcalıklı bir azınlık için yaşam o kadar kötü değildi. Fakat nüfusun büyük çoğunluğu için berbat, kaba ve kısaydı.

Ne olursa olsun, insan istese de, zamanı daha eski bir çağa getiremez. Bilgi ve teknikler kolayca unutulamazlar. Gelecekteki ilerlemeler de durdurulamaz. Araştırmaya ayrılan tüm hükümet parası kesilse bile (şimdiki hükümet bu konuda elinden geleni yapıyor) rekabetin gücü yine de teknolojide ilerlemeyi sağlar. Ödeme yapılsa da yapılmasa da sorgulayan zihinlerin temel bilimler üzerinde düşünmesi durdurulamaz. Yeni gelişmeleri önlemenin tek yolu, yeni olan her şeyi ezen global tota-

[1] Ekim 1989'da Prince of Asturias Harmony and Concord ödülünü almam üzerine İspanya, Oviedo'da yapılan bir konuşma. Güncellenmiştir.

liter bir devlet bulunmasıdır; insanların inisiyatif ve yaratıcılığı bunun bile başarılı olamayacağını göstermektedir. Tüm yapabileceği, değişimin hızını yavaşlatmak olurdu.

Bilim ve teknolojinin dünyamızı değiştirmesini engelleyemiyorsak, en azından değişikliklerin doğru yönde olmasını temin etmeye çalışabiliriz. Demokratik bir toplumda bunun anlamı, halkın doğru kararlar alabilmek ve bunu sadece uzmanlara bırakmamak için temel bir bilim anlayışına sahip olma gereksinimi olduğudur. Şimdiki durumda halk bilime karşı oldukça kararsız bir tutum içindedir. Bilim ve teknolojideki yeni gelişmelerin getirdiği yaşam standardında düzenli artışı bekler duruma gelmiştir, ama aynı zamanda bilime güvenmez, çünkü onu anlamaz. Bu, güvensizlik laboratuvarında bir Frankenstein üretmek üzere çalışan deli bilim adamının karikatür imajında açıkça görülür. Bu aynı zamanda Yeşil partilere desteğin arkasındaki önemli bir unsurdur. Fakat halk aynı zamanda bilime, özellikle astronomiye büyük bir ilgi duymaktadır. Bu durum *Cosmos* gibi televizyon dizilerinin ve bilimkurgunun büyük izleyici kitlesi olmasından anlaşılmaktadır.

Bu ilgiyi verimli duruma getirmek ve halka asit yağmuru, sera etkisi, nükleer silahlar veya genetik mühendisliği gibi konularda doğru kararlar alabilmek için gereksinim duyduğu bilimsel temeli vermek üzere ne yapılabilir? Açıktır ki, yanıt temel okullarda verilen eğitimde yatar. Fakat okullarda bilim çoğu zaman kuru ve ilgi çekici olmayan bir şekilde verilir. Çocuklar sınavlarda geçmek için ezberciliğe yönelirler ve bilimin çevrelerindeki dünyayla ilgisini görmezler. Ayrıca bilim çoğu zaman denklemler şeklinde öğretilir. Denklemler matematiksel fikirleri tanımlamanın kısa, özlü ve doğru bir şekliyseler de, insanların çoğunu ürkütürler. Son günlerde bir popüler kitap yazdığımda, bana kitaba koyduğum her denklemin satışları yarılayacağı anlatılmıştı. Bir tane denklem koydum, Einstein'ın ünlü denklemi $E=mc^2$. Belki de bu denklem olmasaydı iki katı satılacaktı.

Bilim insanları ve mühendisler fikirlerini denklemler şeklinde anlatma eğilimine sahiptirler, çünkü miktarların kesin değerlerini bilme gereksinimi duyarlar. Fakat geri kalanımız

için bilimsel gerçeğin niteliksel kavranışı yeterlidir ve bu, denklemler kullanılmadan, sözcükler ve diyagramlarla yapılabilir.

İnsanların okulda öğrendikleri bilim, temel çerçeveyi sağlayabilir. Fakat şimdi bilimsel ilerlemenin hızı o kadar yüksektir ki, lise veya üniversiteden mezun olduktan sonra da her zaman yeni gelişmeler olmaktadır. Okulda hiç moleküler biyoloji veya transistörleri öğrenmedim, fakat genetik mühendisliği ve bilgisayarlar gelecekte yaşam tarzımızı değiştirmesi en olası olan gelişmelerin ikisidir. Bilim üzerine popüler kitaplar ve dergi yazıları yeni gelişmeleri izlemeye yardımcı olabilir, ama en başarılı popüler kitap bile nüfusun yalnızca küçük bir bölümü tarafından okunur. Yalnızca televizyon gerçekten kitlesel bir izleyiciye erişebiliyor. TV'de bazı çok iyi bilim programları var, fakat başka bazıları bilimsel araştırma konularını basitçe sihir olarak sunuyor; açıklamıyor veya bilimsel fikirler çerçevesine nasıl uyduklarını göstermiyor. Televizyon bilim programlarının yapımcıları halkı yalnızca eğlendirmek değil, eğitmek sorumluluğunu da taşıdıklarını kavramalıdırlar.

Halkın yakın gelecekte karar vermek zorunda kalacağı bilimle ilişkili konular nelerdir? En acil olanı nükleer silahlar sorunudur. Yiyecek temini veya sera etkisi gibi diğer küresel problemler göreli olarak yavaş etkide bulunurlar, fakat bir nükleer savaş dünya üzerindeki tüm insan yaşamını birkaç gün içinde sona erdirebilir. Soğuk savaşın sona ermesinin getirdiği Doğu-Batı gerilimindeki gevşeme nükleer savaş korkusunun halkın bilincinden uzaklaştığı anlamına gelmiştir. Fakat dünyanın tüm nüfusunu defalarca öldürmeye yeterli silahlar bulunduğu sürece bu tehlike vardır. Eski Sovyet devletlerinde ve Amerika'da nükleer silahlar hâlâ kuzey yarı küredeki tüm belli başlı şehirleri vuracak şekilde konumlandırılmışlardır. Küresel bir savaşı başlatmak için yalnızca bir bilgisayar hatası ya da silahları kullanıma sokanların bazılarının bir başkaldırısı yeterlidir. Göreli olarak küçük güçlerin şimdi nükleer silahlar ediniyor olmaları daha da endişe vericidir. Büyük güçler oldukça sorumlu şekilde davranmışlardır, fakat Libya, Irak, Pakistan veya hatta Azerbaycan gibi küçük güçlerde böy-

le güvene sahip olunamaz. Tehlike esas olarak, bu tür güçlerin kısa sürede edinebilecekleri, yine milyonlarca kişiyi öldürebilirlerse de, pek gelişmemiş olacak nükleer silahlarda değildir, tehlike iki küçük güç arasında bir nükleer savaşın muazzam depolarıyla büyük güçleri de sürükleyebilmesindedir.

Halkın tehlikeyi kavraması ve büyük silah azaltmaları yapılmasını kabul etmeleri için tüm hükümetlere baskı yapması çok önemlidir. Herhalde nükleer silahları tümden kaldırmak uygulanabilir bir şey değildir, fakat silahların sayısını azaltarak tehlikeyi azaltabiliriz.

Eğer bir nükleer savaşı önlemeyi başarabilirsek, hepimizi yok edebilecek başka tehlikeler yine vardır. Yabancı bir uygarlığın bizimle bağlantı kurmamış olmasını, uygarlıkların bizim aşamamıza ulaştıklarında kendilerini yok etmeye eğilimli olmalarıyla açıklayan kötü bir şaka vardır. Fakat ben bunun yanlış olduğunu kanıtlayabileceğimize inanmama yetecek kadar halkın duyarlılığına güveniyorum.

5

BİR KISA TARİHİN KISA TARİHİ[1]

Zamanın Kısa Tarihi kitabıma karşı gösterilen ilgi beni hâlâ şaşırtıyor. Bu kitap otuz yedi haftadır *New York Times*'ın ve yirmi sekiz haftadır Londra *The Sunday Times*'ın en çok satan kitaplar listesindedir. (Britanya'da Birleşik Devletler'den sonra basıldı). Yirmi dile (eğer Amerikan dilini İngilizceden farklı sayarsanız yirmi bir dile) çevirisi yapıldı. Bu benim 1982 yılında evren hakkında popüler bir kitap yazmaya karar verdiğimde beklediğimden çok fazladır. Niyetim, kısmen, kızımın okul ücretlerini ödeyebilmek için para kazanmaktı. (Aslında kitap çıkana kadar kızım okulunun son sınıfına gelmişti). Fakat ana neden, evren anlayışımızda ne kadar ilerlemiş olduğumuzu düşündüğümü, evreni ve onun içindeki her şeyi açıklayabilecek tam bir teori bulmaya ne kadar yakın olduğumuzu açıklamak istememdi.

Eğer bir kitap yazmak için zaman ve çaba harcayacaksam, onun mümkün olduğu kadar fazla insana ulaşmasını

[1] Bu yazı ilk olarak Aralık 1988'de The *Independent'ta* bir makale olarak yayımlanmıştı. *Zamanın Kısa Tarihi*, *New York Times* en çok satan kitaplar listesinde elli üç hafta kalmıştır ve Britanya'da, Şubat 1993 itibarıyla, Londra *The Sunday Times*'ın listesinde 205 haftadır bulunuyordu. (184. haftada bu listede en uzun süre kalmayı başarmasıyla ilgili olarak *Guinnes Rekorlar Kitabı*'na girdi.) Şimdilik kitabın çevrildiği dil sayısı otuz üçtür.

istiyordum. Benim daha önceki teknik kitaplarım Cambridge Üniversitesi Yayınları tarafından basılmışlardı. O yayınevi iyi iş yapmıştı, fakat ulaşmak istediğim türden kitle pazarına uygun olmadığını düşündüm. Bu yüzden bir arkadaşımın kayınbiraderi olarak bana tanıtılmış olan yayın temsilcisi Al Zuckerman'la bağlantı kurdum. Ona ilk bölümün taslağını verdim ve bunun havaalanı kitapçılarında satılacak türden bir kitap olmasını istediğimi açıkladım. O bana bu konuda şansım olmadığını söyledi. Bunun gibi bir kitap akademisyenlere ve öğrencilere çok satılabilirdi, fakat Jeffrey Archer bölgesine giremezdi.

Kitabın ilk taslağını Zuckerman'a 1984 yılında verdim. Onu çeşitli yayıncılara gönderdi ve oldukça büyük bir yayınevi olan Amerikan kitap firması Norton'un teklifini kabul etmemi önerdi. Fakat ben onun yerine, popüler pazara daha fazla yönelik bir yayıncı olan Bantam'ın teklifini kabul etmeye karar verdim. Bantam bilim kitapları yayınlamakta uzmanlaşmış değildi, fakat onun kitapları havaalanı kitapçılarında bol miktarda bulunuyordu. Onun benim kitabımı kabul etmesi büyük olasılıkla editörlerinden biri olan Peter Guzzardi'nin ilgisi nedeniyle oldu. Guzzardi bu işi çok ciddiye aldı ve kendisi gibi bilim insanı olmayan kişiler tarafından anlaşılabilir olması için kitabı yeniden yazmamı sağladı. Ona yeniden yazılmış bir bölümü her gönderişimde yanıt olarak uzun bir itirazlar listesi ve açıklığa kavuşturmamı istediği sorular gönderdi. Bazen bu sürecin hiç sona ermeyeceğini düşündüm. Fakat o haklıydı. Sonuç olarak çok daha iyi bir kitap oldu.

Bantam'ın teklifini kabul edişimden kısa süre sonra zatürree oldum. Sesimi yok eden bir nefes borusu ameliyatı geçirmem gerekti. Bir süre için yalnızca biri bir kart üzerindeki harflere işaret ettiğinde kaşlarımı kaldırarak iletişim kurabiliyordum. Bana verilen bir bilgisayar programı olmasaydı kitabı bitirmek pek mümkün olmazdı. Biraz yavaştı, fakat öyle olunca ben yavaş düşünüyorum, bu da bana oldukça iyi uydu. Onunla Guzzardi'nin ivedi isteklerine yanıt olarak ilk taslağımı tamamen yeniden yazdım. Bu gözden geçirme işinde öğrencilerimden biri, Brian Whitt, bana yardım etti.

Jacob Bronowski'nin televizyon dizisi *The Ascent of Man*'den [*İnsanın Yükselişi*] çok etkilenmiştim. (Bugün böyle seksi bir diziye izin verilmez.) Bu dizi yalnızca on beş bin yıl önceki ilkel vahşilerden, bugünkü aşamamıza kadar gelişiminde insan soyunun başarılarına hayranlık duygusu veriyordu. Benzer bir duyguyu evreni yöneten yasaların tam olarak anlaşılmasına doğru ilerleyişimiz için vermek istedim. Hemen hemen herkesin evrenin nasıl işlediği konusuna ilgi duyduğuna emindim. Fakat insanların çoğu matematiksel denklemleri izleyemezler. Ben kendim bile denklemlerin üzerinde pek durmam. Bunun nedeni kısmen benim için onları yazmanın zor olması, fakat esas olarak da denklemlere karşı sezgisel bir yaklaşımım olmamasıdır. Onun yerine ben resimli ifadelerle düşünürüm. Kitaptaki amacım bu zihinsel imajları, tanıdık benzetmeler ve birkaç diyagram yardımıyla, sözcüklerle anlatmaktı. Bu şekilde insanların çoğunun son yirmi beş yılda fizikte gerçekleştirilmiş olan dikkate değer ilerlemedeki heyecan ve başarı duygusunu paylaşabileceğini umut ettim.

Yine de insan matematikten kaçınsa bile fikirlerin bazıları yabancıdır ve açıklanması zordur. Bu bir problemi ortaya koyuyordu: Onları açıklamaya çalışıp insanların kafalarının karışması riskini göze almalı mıyım, yoksa güçlükleri gizlemeli miyim? Farklı hızlarla hareket eden gözlemcilerin aynı olay çifti arasında farklı zaman aralıkları ölçmeleri gibi bazı yabancı gelebilecek kavramlar çizmek istediğim resimde zorunlu değildi. Bu yüzden onlardan yalnızca söz edip derine gitmeyebileceğimi düşündüm. Fakat bazı zor fikirler ele almak istediğim konu açısından temeldi. Özellikle kitabımda yer almasını düşündüğüm bu tür iki kavram vardı. Biri geçmişlerin toplamı olarak adlandırılan şeydi. Bu, evren için yalnızca tek bir geçmiş olmadığı fikridir. Onun yerine evren için olası her geçmişin bir toplamı vardır ve tüm bu geçmişler eşit derecede gerçektir (ne anlama gelirlerse gelsinler). Geçmişlerin toplamının matematiksel anlamını oluşturmak için gerekli olan diğer fikir "sanal zaman"dır. Sonradan anladım ki, bu iki çok zor kavramı, özellikle insanların kitapta en çok zorlandıkları şey olduğu anlaşılan sanal zaman kavramını açıklamakta daha fazla çaba

sarfetmiş olmam gerekiyordu. Ancak gerçekten sanal zamanın ne olduğunu anlamak zorunlu değildir, yalnızca onun gerçek zaman dediğimiz şeyden farklı olduğu anlaşılmalıdır.

Kitabın yayınlanması yaklaştığında, *Nature* dergisinde değerlendirmede bulunması için bir ön kopyası gönderilmiş olan bir bilim insanı onu hatalarla dolu bularak dehşete düşmüştü. Fotoğraflar ve diyagramlar yanlış yerlere konmuş ve yanlış isimlendirilmişti. Hemen Bantam'a telefon etti ve oradaki editörler eşit derece dehşete düşerek tüm basımın durdurulup tüm kitabın gözden geçirilmesine karar verdiler. Üç koca hafta boyunca baştan aşağı kontrol edilip düzeltilen kitap, nisan ayındaki yayın tarihine kadar kitapçılarda yer almaya hazır oldu. O zamana kadar *Time* dergisi benim kısa bir biyografimi yayınlamıştı. O zaman bile editörler talebe şaşırmışlardı. Kitap Amerika'da on yedinci, Britanya'da onuncu baskısındadır.*

Neden o kadar çok kişi bu kitabı satın aldı? Benim objektif olduğuma emin olmak zordur, bu yüzden diğer insanların dediklerine bakmam gerektiğini düşünüyorum. Değerlendirmelerin çoğunun, olumlu olmalarına karşın, açıklayıcı olmadıkları kanısına vardım. Şu formülü izlemeye eğilimli oldular: Stephen Hawking Lou Gehring'in hastalığına (Amerikan değerlendirmelerde) veya motor nöron hastalığına (İngiliz değerlendirmelerde) sahiptir. Hawking tekerlekli sandalyeye bağımlıdır, konuşamıyor, yalnızca x sayıda parmağını hareket ettirebiliyor (x sayısı birden üçe kadar değişiyor, bu eleştirmenin benim hakkımda hangi yanlış yazıyı okuduğuna bağlıdır). Yine de o, soruların en büyüğü hakkında bu kitabı yazmıştır: Nereden geldik ve nereye gidiyoruz? Hawking'in önerdiği yanıt evrenin ne yaratıldığı ne de yok edildiğidir. O yalnızca vardır. Bu fikri formüle etmek üzere Hawking benim (eleştirmenin) izlemeyi güç bulduğum sanal zaman kavramını getirmektedir. Yine de eğer Hawking haklıysa ve tam bir birleşik teoriyi bulursak, Tanrı'nın aklını gerçekten bileceğiz. (Düzeltme aşamasında ki-

* Nisan 1993'e kadar Birleşik Devletler'de kırkıncı ciltli, on dokuzuncu ciltsiz basımı gerçekleşmişti. Britanya'da otuz dokuzuncu ciltli basımdadır.

tapta son cümleyi neredeyse kesiyordum, bu Tanrı'nın aklını bileceğimizdi. Öyle yapsaydım satışlar yarıya inmiş olabilirdi.)

Daha derin kavrayışlı olan (bana öyle gelen) şey, bir Londra gazetesi olan *The Independent'da* yayınlanan *Zamanın Kısa Tarihi* gibi ciddi bir kitabın bile bir kült kitap haline gelebileceğini söyleyen bir yazıydı. Eşim dehşete düşmüştü, fakat kitabımın *Zen and the Art of Motorcycle Maintenance*'la [*Zen ve Motorsiklet Tamir Sanatı*] kıyaslanması karşısında benim gururum oldukça fazla okşanmıştı. Onun Zen gibi, insanlara büyük entelektüel ve felsefi sorulardan uzak kalmamaları gerektiği duygusunu vermesini umarım.

Kuşkusuz yetersizliklerime rağmen nasıl bir teorik fizikçi olmayı başarmış olduğum şeklindeki ilginç öykünün yararı olmuştur. Fakat kitabı insani yönden ilgi çekici bularak almış olanlar hayal kırıklığına uğramış olabilirler, çünkü kitapta benim durumumdan yalnızca birkaç yerde söz ediliyor. Bu kitap benim değil evrenin tarihi olarak düşünüldü. Bu durum Bantam'ın, utanç verici şekilde benim hastalığımı kullanmış olduğu ve benim kapakta resmimin çıkmasına izin vererek buna katıldığım şeklindeki suçlamaları engellemedi. Aslında sözleşmeye göre benim kapak üzerinde hiçbir kontrolüm yoktu. Ama Bantam'ı Britanya kopyasında, Amerikan kopyasında kullanılan sefil eski fotoğraf yerine daha iyi bir fotoğraf kullanması konusunda ikna etmeyi başardım. Bantam şimdi Amerikan kopyasındaki kapağı değiştirmeyecek, çünkü Amerikan halkının onu kitapla özdeşleştirdiğini söylüyorlar.

İnsanların hakkındaki eleştirileri okudukları ve en çok satan kitaplar listesinde olduğu için bu kitabı aldıkları, fakat onu okumadıkları, yalnızca kitaplıkta veya kahve masasında tuttukları; böylece onu anlamak zorunda kalma çabasına girişmeden, ona sahip oldukları için kredi kazandıkları da ileri sürülmüştür. Bunun olduğuna eminim, fakat bunun İncil ve Shakespeare dahil olmak üzere, diğer ciddi kitaplarda olduğundan daha fazla bu kitap için geçerli olup olmadığını bilmiyorum. Diğer taraftan, her gün, kitabımla ilgili, pek çoğu sorular soran veya insanların kitabı okumuş olduklarını gösteren ayrıntılı görüşlerinin belirtildiği bir mektup yığını aldığım

için, en azından bazı insanların, tamamını anlamasalar da, onu okumuş olduklarını biliyorum. Ayrıca yollarda ondan ne kadar zevk aldıklarını anlatan yabancılar tarafından durduruluyorum. Kuşkusuz ben diğer yazarlara göre, daha ünlü değilsem de, daha kolay tanınıyorum ve daha belirginim. Fakat bu tür halk kutlamaları alma sıklığım (bu benim dokuz yaşındaki oğlumu çok utandırıyor) kitabı satın alanların en azından bir kısmının gerçekten onu okuduğunu gösteriyor.

İnsanlar şimdi bana bundan sonra ne yapacağımı soruyorlar. *Zamanın Kısa Tarihi*'nin bir devamını yazabileceğimi pek sanmıyorum. Onun adına ne derdim? *Zamanın Daha Uzun bir Tarihi? Zamanın Sonunun Ötesi? Zamanın Oğlu*? Ajansım yaşamımla ilgili bir film yapılmasına izin vermemi önerdi. Ama eğer artistler tarafından temsil edilmemize izin verirsek, ne bende ne de ailemde herhangi bir kendine saygı kalmaz. Eğer birinin benim yaşamımı yazmasına izin verir veya yardım edersem de, biraz daha küçük boyutta aynı şey geçerli olur. Kuşkusuz, hakaret edici olmadıkça, birinin benim yaşamımı bağımsız olarak yazmasını engelleyemem, ama ben otobiyografimi yazmayı düşündüğümü söyleyerek onları savuşturmaya çalışırım. Belki de yazarım. Fakat bir acelem yok. Daha yapacak pek çok bilimsel çalışma var.

6

İNANÇLARIM[1]

Bu yazı Tanrı'ya inanıp inanmadığım konusuyla ilgili değildir. Onun yerine benim anlatacağım şey, insanın evreni nasıl anlayabileceği konusuna benim yaklaşımımdır: Büyük birleşik teorinin, "her şeyin teorisi"nin statüsü ve anlamı nedir? Burada gerçek bir problem var. Bu tür problemleri incelemesi ve tartışması gereken insanlar, felsefeciler, genellikle teorik fizikteki modern gelişmelere yetişecek kadar matematiksel önbilgiye sahip olmamışlardır. Daha iyi donanımlı olması gereken bilim felsefecileri denen bir alt grup vardır. Fakat onların birçoğu yeni teoriler geliştirmeyi zor bulan, böylece onun yerine fizik felsefesi hakkında yazmaya girişen başarısız fizikçilerdir. Onlar hâlâ göreliliık ve kuantum mekaniği gibi bu yüzyılın ilk yıllarının bilimsel teorilerini tartışıyorlar. Fiziğin şimdiki keşif alanlarıyla bağlantı kurmamışlardır.

Belki felsefeciler konusunda biraz katıyım, ama onlar bana karşı pek nazik olmamışlardır. Benim yaklaşımım safça ve cahilce olarak tanımlanmıştır. Benim için değişik şekillerde nominalist, enstrumentalist, pozitivist, realist ve çeşitli başka ist'li isimlendirmeler yapılmıştır. Tekniğin iftirayla çürütme olduğu görünüyor: Eğer benim yaklaşımıma bir etiket yapıştı-

[1] Mayıs 1992'de Caius College dinleyicilerine yapılan bir konuşma.

rabilirseniz, o konuda neyin yanlış olduğunu söylemek zorunda değilsiniz. Kuşkusuz tüm bu izm'lerin ölümcül hatalarını herkes bilir.

Teorik fizikte gerçekten ilerlemeler yapan kişiler felsefecilerin ve bilim tarihçilerinin daha sonra onlar için geliştirdikleri kategorilerde düşünmezler. Einstein, Heisenberg ve Dirac'ın kendilerinin gerçekçi veya instrumentalist olup olmadıkları üzerinde fazla durmadıklarına eminim. Onlar basitçe mevcut teorilerin uyum içinde olmadığı üzerinde duruyorlardı. Teorik fizikte ilerlemeler yaparken kendi içinde mantıksal tutarlılık arayışı her zaman deneysel sonuçlara göre daha önemli olmuştur. Başka yönden mükemmel ve güzel teoriler gözlemle uyuşmadıkları için reddedilmişlerdir, fakat ben yalnızca deney temelinde ilerletilmiş herhangi bir büyük teori bilmiyorum. Teori her zaman önce gelmiş, güzel ve tutarlı bir matematiksel modele sahip olmak arzusuyla ileri sürülmüştür. Daha sonra teori öngörülerde bulunur ve o zaman bunlar gözlemle test edilebilir. Eğer gözlemler öngörülerle uyuşursa bu teoriyi kanıtlamaz, fakat teori yine gözlemle test edilecek yeni öngörülerde bulunmak üzere ayakta kalır. Eğer gözlemler öngörülerle uyuşmazsa teori terk edilir.

Ya da daha doğrusu, bu olması beklenen şeydir. Pratikte insanlar çok zaman ve çaba sarfetmiş oldukları bir teoriden vazgeçmekte isteksizdirler. Genellikle gözlemin hassaslığını sorgulayarak işe başlarlar. Eğer bu başarısız olursa, o özel duruma uygun şekilde teoride değişiklik yapmaya çalışırlar. Sonunda teori gıcırdayan ve çirkin bir yapı haline gelir. Daha sonra biri tüm tuhaf gözlemlerin güzel ve doğal bir şekilde açıklandığı yeni bir teori ileri sürer. Bunun bir örneği 1887 yılında yapılan, kaynağın ve gözlemcinin nasıl hareket ettiği önemli olmaksızın, ışığın hızının her zaman aynı olduğunu gösteren Michelson-Morley deneyiydi. Bu gülünç göründü. Kuşkusuz ışığa doğru ilerleyen birinin ışıkla aynı yönde ilerleyen birine kıyasla ışığın daha yüksek bir hızla ilerlediği ölçümünde bulunması gerekiyordu. Ama deney her iki gözlemcinin tam olarak aynı hızı ölçeceklerini gösterdi. Daha sonraki on sekiz yıl boyunca Hendrik Lorentz ve George Fitzgerald

gibi insanlar bu gözlemi kabul edilmiş uzay ve zaman fikirleri çerçevesine yerleştirmeye çalıştılar. Onlar yüksek hızla hareket ettiklerinde cisimlerin kısaldıkları gibi özel duruma uygun önermelerde bulundular. Fiziğin tüm çerçevesi tuhaf ve çirkin hale geldi. Daha sonra 1905 yılında Einstein zamanın tamamen ayrı ve kendi başına düşünülmediği çok daha çekici bir bakış açısı getirdi. Zaman uzayzaman denen dört boyutlu bir cisim içinde uzayla birleşmişti. Einstein'ı bu fikre sürükleyen şey, teorinin iki kısmını tutarlı bir bütün halinde birleştirme arzusuydu, deneysel sonuçların o kadar fazla etkisi olmamıştı. Teorinin iki kısmı elektrik ve manyetik alanları yöneten yasalar ve cisimlerin hareketini yöneten yasalardı.

1905 yılında Einstein veya başka bir kişinin yeni görelilik teorisinin ne kadar basit ve güzel olduğunu kavradığını sanmıyorum. Bu teori uzay ve zaman kavramlarımızı tamamen devrimcileştirmiştir. Bu örnek, gerçek olarak gördüğümüz şey savunduğumuz teori tarafından koşullandığı için, bilim felsefesinde gerçekçi olmanın zorluğunu iyi ortaya koyar. Eminim, Lorentz ve Fitzgerald ışığın hızı üzerine deneyi Newton'un mutlak uzay ve mutlak zaman fikirleriyle yorumlarken, kendilerini gerçekçi olarak görüyorlardı. Bu uzay ve zaman kavramları sağduyuya ve gerçeğe karşılık gelir görünüyordu. Bugünlerde görelilik teorisini bilenler, hâlâ rahatsızlık verici şekilde küçük bir azınlık, oldukça farklı bir görüşe sahiptir. İnsanlara uzay ve zaman gibi temel kavramların modern anlayışlarını anlatmalıyız.

Eğer gerçek olarak saydığımız şey teorimize dayanırsa, gerçekliği nasıl felsefemizin temeli yapabiliriz? Ben araştırılmak ve anlaşılmak üzere bekleyen bir evren bulunduğunu düşündüğüm anlamında bir gerçekçi olduğumu söylerim. Her şeyin imgelemimizin ürünü olduğu şeklindeki solipsist konumu zaman kaybı olarak görüyorum. Hiç kimse bu temelde hareket etmez. Fakat teorisiz evrenin nesinin gerçek olduğunu ayırt edemeyiz. Bu nedenle, bir fizik teorisinin yalnızca gözlemlerin sonuçlarını tanımlamak için kullandığımız matematiksel bir model olduğu şeklindeki cahillik veya saflık olarak tanımlanmış olan görüşe sahibim. Bir teori, eğer güzel bir modelse, çok

geniş bir gözlemler sınıfını tanımlıyorsa ve yeni gözlemlerin sonuçlarını öngörürse, güzel bir teoridir. Bunun ötesinde onun gerçekliğe karşılık gelip gelmediğini sormanın bir anlamı yoktur. Çünkü bir teoriden bağımsız olarak gerçekliğin ne olduğunu bilmeyiz. Belki bilimsel teorilere bu bakış beni bir instrumentalist veya bir pozitivist yapar – yukarda söylediğim gibi benim için bu nitelendirmelerin her ikisi de yapıldı. Beni pozitivist olarak isimlendiren kişi herkesin pozitivizmin modasının geçmiş olduğunu bildiğini eklemiştir: iftirayla çürütmenin bir başka örneği. Dünün entelektüel geçici hevesi olduğundan, pozitivizmin modası gerçekten geçmiş olabilir, fakat özetlediğim pozitivist konum evreni tanımlamak üzere yeni yasalar ve yeni yollar arayan biri için tek mümkün olanı gibi görünüyor. Gerçeğe başvurmanın yararı yoktur, çünkü modelden bağımsız bir gerçek kavramına sahip değiliz.

Kanımca, modelden bağımsız bir gerçekliğe dair söylenmeyen inanç, bilim felsefecilerinin kuantum mekaniği ve belirsizlik ilkesi konusunda karşılaştıkları güçlüklerin altındaki nedendir. Schrödinger'in kedisi denen ünlü bir düşünce deneyi vardır. Bir kedi kapalı bir kutunun içine yerleştirilir. Ona yönelik bir silah vardır ve belirli bir yönde bir radyoaktif çekirdek bozunursa silah ateş alacaktır, bunun gerçekleşme olasılığı yüzde 50'dir. (Bugün, yalnızca bir düşünce deneyi olarak bile hiç kimse böyle bir şey önermeye cesaret edemez, fakat Schrödinger'in zamanında hayvanların özgürlüğü kavramı duyulmamıştı.)

Eğer biri kutuyu açarsa kediyi ya ölü ya canlı bulacaktır. Fakat kutu açılmadan önce kedinin kuantum durumu ölü kedi durumu ile kedinin canlı olduğu durumun bir karışımı olacaktır. Bazı bilim felsefecileri bunun kabul edilmesini çok güç bulurlar. İnsanın yarı hamile olabilmesinden öte kedinin yarı vurulmuş, yarı vurulmamış olması mümkün değildir. Onların içinde bulundukları güçlük, dolaylı olarak, bir cismin belirli bir tek geçmişe sahip olduğu klasik bir gerçeklik kavramını kullanmalarından kaynaklanır. Kuantum mekaniğinin temel noktası, farklı bir gerçeklik görüşüne sahip olmasıdır. Bu görüşte bir cisim yalnızca bir tek geçmişe değil, mümkün

olan tüm geçmişlere sahiptir. Çoğu durumda belirli bir geçmişe sahip olma olasılığı, biraz farklı bir geçmişe sahip olma olasılığıyla silinir; fakat belli durumlarda komşu geçmişlerin olasılıkları birbirlerini güçlendirir. Cismin geçmişi olarak gözlemlediğimiz şey bu güçlendirilmiş geçmişlerden biridir.

Schrödinger'in kedisi durumunda güçlendirilmiş olan iki geçmiş vardır. Birinde kedi vurulmuştur, diğerindeyse canlı kalır. Kuantum teorisinde her iki olasılık birlikte var olabilir. Fakat bazı felsefeciler, açıkça belirtmeden kedinin yalnızca bir geçmişi olabileceğini varsaydıkları için kendilerini çıkmazda bulurlar.

Zamanın doğası fizik teorilerimizin gerçeklik kavramımızı belirledikleri bir başka alan örneğidir. Eskiden zamanın sonsuza kadar aktığının açık olduğu düşünülürdü, fakat görelilik teorisi zamanı uzayla birleştirmiş ve her ikisinin evrendeki madde ve enerji tarafından eğrilebileceğini veya bükülebileceğini söylemiştir. Böylece zamanın doğasını kavrayışımız evrenden bağımsız olmaktan, onun tarafından şekillenmiş olmaya doğru değişmiştir. Bu şekilde, zamanın basitçe belirli bir noktadan önce tanımlanmamış olabileceği anlaşılabilir oldu; zaman içinde geriye gidilirse aşılamaz bir engele, ötesine kimsenin gidemediği bir tekilliğe gelinebilirdi. Durum böyleydiyse, kimin veya neyin Büyük Patlamaya neden olduğu veya onu yarattığını sormak anlamlı olmaz. Neden olma veya yaratmadan söz etmek dolaylı olarak Büyük Patlama tekilliğinden önce bir zaman olduğunu varsayar. Yirmi beş yıldır Einstein'ın genel görelilik kuramının, zamanın on beş milyar yıl önce bir tekillik içeren başlangıca sahip olması gerektiğini ortaya koyduğunu biliyoruz. Fakat felsefeciler henüz bu fikre yetişmemişlerdir. Onlar hâlâ kuantum mekaniğinin altmış beş yıl önce atılan temelleri konusunda endişeleniyorlar. Fiziğin keşif alanının daha ileri gittiğini kavramıyorlar.

Daha da kötüsü, Jim Hartle ve benim evrenin herhangi bir başlangıç veya sona sahip olmayabileceğini ileri sürdüğümüz matematiksel sanal zaman kavramıdır. Sanal zaman hakkında konuşmam nedeniyle bir bilim felsefecisi bana şiddetle saldırmıştır. O, "Sanal zaman gibi bir matematiksel hilenin gerçek

evrenle nasıl bir ilgisi olabilir?" demiştir. Kanımca bu felsefeci, matematikteki teknik gerçek ve sanal sayılar terimleri ile, gerçek ve sanalın günlük dilde kullanılış şeklini birbirine karıştırıyor. Şu sözler benim tezimi açıklar: Kendisini yorumlamakta kullanacağımız bir teori veya modelden bağımsız olarak neyin gerçek olduğunu nasıl bilebiliriz?

Evreni anlamaya çalışılırken karşılaşılan problemleri göstermek için görelilik ve kuantum mekaniğinden örnekler kullandım. Göreliliği ve kuantum mekaniğini anlamamanız, hatta bu teorilerin yanlış olmaları önemli değildir. Göstermiş olmayı umduğum şey, bir teorinin bir model olarak değerlendirildiği bir tür pozitif yaklaşımın, en azından bir teorik fizikçi için, evreni anlamanın tek yolu olduğudur. Evrendeki her şeyi tanımlayan tutarlı bir model bulacağımız konusunda umutluyum. Bunu yaparsak bu insan soyu için gerçek bir zafer olacaktır.

7

KURAMSAL FİZİKTE SON YAKIN MI?[1]

Bu sayfalarda kuramsal fiziğin çok uzak olmayan bir gelecekte, örneğin bu yüzyılın sonuna kadar, amacına ulaşabilmesi olanağını tartışmak istiyorum. Bununla, olası tüm gözlemleri tanımlayan tam, tutarlı ve birleşik bir fiziksel etkileşimler kuramına sahip olabileceğimizi belirtmek istiyorum. Kuşkusuz böyle öngörülerde bulunulurken çok dikkatli olmak gerekir. Daha önce en az iki kez son sentezin eşiğinde olduğumuzu düşündük. Bu yüzyılın başlarında kesintisizlik mekaniğine dayanılarak her şeyin anlaşılabileceğine inanılıyordu. Tüm gereken şey belli sayıda elastikiyet, viskozite, iletkenlik gibi katsayıları ölçmekti. Bu ümit atomun yapısı ve kuantum mekaniğinin keşfedilmesiyle paramparça oldu. Yine 1920'lerin sonunda Max Born, Göttingen'i ziyaret eden bir grup bilim insanına "Bildiğimiz şekliyle fizik altı ayda sona erecektir" dedi. Bu, Lucas Kürsüsü'nün daha önceki bir profesörü olan Paul Dirac'ın elektronun davranışını yöneten Dirac denklemini keşfetmesinden kısa süre sonraydı. O zamanlar tek diğer temel parçacık olarak bilinen protonun davranışını yöneten yasanın

[1] 29 Nisan 1980'de Cambridge'te Lucas Matematik Profesörü olarak atanma törenim yapıldı. Törendeki konuşmam olan bu metin öğrencilerimden biri tarafından okundu.

da benzer bir denklemle gösterilebileceği umuluyordu. Ancak nötronun ve nükleer kuvvetlerin keşfedilmesiyle bu ümitler de boşa çıktı. Şimdi aslında ne protonun ne de nötronun gerçek temel parçacıklar olmadıklarını, daha küçük parçacıklardan oluştuklarını biliyoruz. Yine de son yıllarda pek çok ilerleme sağlanmıştır ve anlatacağım gibi, şu anda bu sayfaları okuyanlardan bazılarının yaşam süresi içinde eksiksiz bir kuramı görebileceğimiz konusunda tedbirli bir iyimserlik için bazı temeller vardır.

Eksiksiz bir birleşik kurama ulaşmayı başarsak bile en basit durumların dışında ayrıntılı öngörülerde bulunamayacağız. Örneğin günlük yaşamda karşılaştığımız her şeyi yöneten fizik yasalarını halihazırda biliyoruz. Dirac'ın da belirttiği gibi onun denklemi "fiziğin çoğunun, kimyanın da tamamının" temelini oluşturuyordu. Bununla birlikte, biz bu denklemi yalnızca bir proton ve bir elektrondan oluşan hidrojen atomu gibi çok basit bir sistem için çözebildik. Bırakın birden fazla çekirdek içeren molekülleri, birden fazla elektronlu, göreli olarak daha karmaşık atomlar için bile yaklaşımlara başvurmak ve geçerliliği kuşkulu sezgisel tahminlerde bulunmak zorundayız. 10^{23} veya benzer sayıda parçacıktan oluşan makroskopik sistemler için denklemleri tam olarak çözme iddiasından vazgeçmek ve istatiksel yöntemler kullanmak zorundayız. Tüm biyolojiyi yöneten denklemleri ilke olarak bilmemize karşın, insan davranışının incelenmesini uygulamalı matematiğin bir dalına indirgeyememiş bulunuyoruz.

Tam ve birleşik bir fizik kuramıyla neyi ifade ederiz? Fiziksel gerçekliği modelleştirme girişimlerimiz normal olarak iki kısımdan oluşur:

1. Çeşitli fiziksel niceliklerin uyduğu bir yerel yasalar kümesi. Bunlar genellikle diferansiyel denklemler şeklinde formüle edilir.
2. Belirli bir zamanda evrenin bazı bölgelerinin durumunu ve sonradan evrenin kalan kısımlarından o bölgelere hangi etkilerin yayılacağını gösteren sınır koşulları kümeleri.

Pek çok kişi bilimin rolünün bunların birincisiyle sınırlı olduğunu ve tam bir yerel yasalar kümesi elde edildiğinde kuramsal fiziğin amacına ulaşmış olacağını ileri sürecektir. Onlar evrenin başlangıç koşulları sorununu metafiziğin ya da dinin alanında sayacaklardır. Bu tutum bir bakıma önceki yüzyıllarda, tüm doğal olgular Tanrı'nın işidir ve sorgulanmamalıdır, diyerek bilimsel araştırmaları engellemeye çalışanların tutumuna benzer. Evrenin başlangıç koşullarının, bilimsel inceleme ve teori için, yerel fizik yasaları kadar uygun bir konu olduğunu düşünüyorum. Yalnızca "şeyler oldukları gibidir çünkü oldukları gibiydiler" demekten daha fazlasını yapamadıkça tam bir kurama sahip olamayacağız.

Başlangıç koşullarının eşşizliği sorunu, yerel fizik yasalarının gelişigüzel niteliğiyle yakından ilgilidir. Bir kuram, kütleler ya da birleştirme değişmezleri gibi istenilen herhangi bir değerin verilebileceği bazı ayarlanabilir parametreler içeriyorsa tam sayılmaz. Aslında anlaşılıyor ki, ne başlangıç koşulları ne de kuramdaki parametrelerin değerleri gelişigüzeldir, bir şekilde çok dikkatli seçilmiş veya alınmışlardır. Örneğin eğer proton ile nötron arasındaki kütle farkı elektronun kütlesinin yaklaşık iki katı olmasaydı, elementleri oluşturan ve kimyanın ve biyolojinin temeli olan yüz kadar dengeli nüklit birleşimleri elde edilemeyecekti. Benzer şekilde, protonun ağırlığı önemli ölçüde farklı olsaydı, içinde bu nüklitlerin biriktiği yıldızlara sahip olamayacaktık ve eğer evrenin başlangıçtaki genişlemesi biraz daha küçük ya da büyük olsaydı, evren ya yıldızlar ortaya çıkmadan önce çökecek ya da kütleçekim yoğunlaşmasıyla yıldızların oluşmasına izin vermeyecek kadar yüksek bir hızla genişleyecekti.

Aslında bazı kişiler bu başlangıç koşulları ve parametreler üzerindeki sınırlamaları bir ilke düzeyine, antropik ilke düzeyine yükseltecek kadar ileri gittiler. Bu ilke "şeyler oldukları gibidir, çünkü biz böyleyiz" şeklinde ifade edilebilir. Bu ilkenin bir versiyonuna göre, fiziksel parametrelerin değerleri ve başlangıç koşulları farklı olan çok sayıda farklı, ayrı evren vardır. Bu evrenlerin çoğu akıllı yaşam için gerekli olan karmaşık yapıların gelişimine uygun koşulları sağlamayacaktır. Yalnız-

ca koşulları ve parametreleri bizimkine benzeyen az sayıdaki evrende akıllı yaşamın gelişmesi ve "Bu evren niçin gözlemlediğimiz gibidir?" sorusunun sorulması mümkün olacaktır. Bu sorunun yanıtı elbette, "eğer başka türlü olsaydı, bu soruyu soracak kimse olmayacaktı," biçimindedir.

Antropik ilke farklı fiziksel parametrelerin değerleri arasında gözlenen dikkat çekici sayısal bağlantıların çoğuna bir tür açıklama da sağlar. Bununla birlikte tamamen tatmin edici değildir; çünkü insan daha derin bir açıklamanın olduğunu düşünmekten kendini alamaz. Ayrıca bu ilke evrenin tüm bölgelerini açıklayamaz. Örneğin içinde nükleer sentezle ağır elementlerin oluşabildiği yakın yıldızların daha önceki bir kuşağı gibi, güneş sistemimiz de kesinlikle bizim varlığımızın bir ön koşuludur. Hatta varlığımız için galaksimizin tamamı gerekmiş olabilir. Ama gözlenebilir evren içinde kabaca düzgün olarak dağılmış halde gördüğümüz milyon kere milyon galaksi bir yana, daha yakınımızdaki galaksilerin bile varlığımız için gerekmiş olduğuna dair herhangi bir zorunluluk görünmemektedir. Evrenin bu büyük ölçekli homojenliği, evrenin yapısının, oldukça tipik sarmal bir galaksinin en dış kısmındaki çok sıradan bir yıldızın etrafında dönen küçük bir gezegen üzerindeki bazı karmaşık moleküler yapılar gibi önemsiz şeyler tarafından belirlendiğine inanmayı çok zorlaştırmaktadır.

Eğer antropik ilkeye başvurmayacaksak, evrenin başlangıç koşullarını ve çeşitli fiziksel parametrelerin değerlerini açıklayacak birleştirici bir kurama gereksinimimiz vardır. Ancak bir kerede her şeyin bir kuramını bulmak çok zordur. (Ama anlaşılan bu durum bazı insanları durdurmuyor; her hafta postayla iki ya da üç bileşik kuram alıyorum.) Bunun yerine yaptığımız şey, belirli etkileşimlerin göz ardı edilebildiği ya da onlar için basit bir şekilde yaklaşımlar yapılabildiği durumları tanımlayan kısmi kuramlar aramaktır. Önce evrenin maddi içeriğini iki kısma ayırırız: kuarklar, elektronlar, muonlar gibi parçacıklar olan "madde" ve kütleçekim, elektromanyetizma gibi "etkileşimler." Madde parçacıkları yarım-tamsayı spinle tanımlanır ve Pauli dışarlama ilkesine uyar. Pauli dışarlama ilkesi herhangi bir durumda aynı türde birden fazla parçacığın

olmayacağını öngörür. Bir noktaya çökmeyen ya da ışımayla sonsuzluğa gitmeyen katı cisimlere sahip olabilmemizin nedeni budur. Maddenin temelini oluşturan şeyler iki gruba ayrılır: kuarklardan oluşan hadronlar ve geriye kalanı kapsayan leptonlar.

Etkileşimler olgusal olarak dört kategoriye ayrılır. Büyüklük sırasına göre: yalnızca hadronlarla etkileşimi olan yeğin nükleer kuvvetler; yüklü hadronlar ve leptonlarla etkileşimde bulunan elektromanyetizma; tüm hadronlar ve leptonlarla etkileşimde bulunan zayıf nükleer kuvvetler ve son olarak, hepsinin en zayıfı olan, her şeyle etkileşen kütleçekim. Etkileşimler Pauli dışarlama ilkesine uymayan tam sayı spine sahip alanlarla gösterilirler. Bu onların aynı durumdaki pek çok parçacığa sahip olabilecekleri anlamına gelir. Elektromanyetizma ve kütleçekimde etkileşimler ayrıca uzun erimlidir. Bunun anlamı çok sayıda madde parçacığının yarattığı alanların hepsinin toplamının, makroskopik ölçekte saptanabilecek bir alan oluşturabileceğidir. Bu yüzden bunlar kendileri için kuramlar geliştirilen ilk kategoriler oldu: 17. yüzyılda Newton tarafından kütleçekim ve 19. yüzyılda Maxwell tarafından elektromanyetizim kuramları geliştirildi. Ancak bu iki kuram temelde uyumsuzdu. Çünkü Newtoncu kuram tüm sisteme herhangi bir düzgün hız verildiğinde değişmeden kalıyordu. Oysa Maxwell kuramı tercih edilmiş bir hızı, ışık hızını, tanımlıyordu. Sonunda Maxwell kuramının değişmeden kalma özellikleriyle uyumlu hale getirilmesi için, bazı değişiklikler yapılması gerekenin Newtoncu kütleçekim kuramı olduğu ortaya çıktı. Bu 1915'te formüle edilen Einstein'ın genel görelilik kuramıyla gerçekleştirildi.

Kütleçekimin genel görelilik kuramı ve elektrodinamiğin Maxwell kuramı klasik teoriler olarak isimlendirildiler, yani sürekli değişken olan ve, en azından ilke olarak, istenen doğrulukta ölçülebilen niceliklerle ilgiliydiler. Ancak bir atom modelini kurmak amacıyla bu tür kuramlar kullanılmaya kalkışıldığında bir problem ortaya çıktı. Atomun negatif yüklü bir elektron bulutuyla çevrili pozitif yüklü küçük bir çekirdekten oluştuğu keşfedilmişti. Doğal varsayım, tıpkı Dünya'nın Güneş

etrafında bir yörüngede olması gibi elektronların da çekirdek etrafında bir yörüngede bulundukları biçimindeydi. Ancak klasik kuram elektronların elektromanyetik dalgalar yayacağını öngörmektedir. Bu dalgalar enerji götürecekler ve elektronların sarmal biçimde çekirdeğe yaklaşmasına ve sonunda atomun çökmesine neden olacaklardır.

Bu problem kuşkusuz kuramsal fizikte yüzyılın en büyük başarısı olan kuantum kuramının keşfiyle çözüme kavuşturuldu. Kuantum kuramının temel önermesi Heisenberg belirsizlik ilkesidir. Bu ilke bir parçacığın konumu ve momentumu gibi belirli nicelik çiftlerinin aynı anda istenilen doğrulukta ölçülemeyeceğini belirtir. Atom için bunun anlamı şuydu: En düşük enerji düzeyinde bir elektron çekirdekte hareketsiz halde bulunamaz, çünkü o durumda konumu tam olarak tanımlanmış olurdu (çekirdekte), hızı da tam olarak tanımlanmış olurdu (sıfır olarak). Onun yerine hem konumu hem hızının çekirdek etrafında bir olasılık dağılımı içinde dağılmış olması gerekir. Bu durumda elektron elektromanyetik dalgalar biçiminde enerji yayamaz çünkü bu enerjinin gidebileceği daha düşük enerji düzeyi yoktur.

1920'li ve 1930'lu yıllarda kuantum mekaniği, atomlar ya da moleküller gibi yalnızca sonlu sayıda serbestlik derecesine sahip sistemlerde başarıyla uygulandı. Ancak sonsuz sayıda (kabaca söylemek gerekirse uzayzamanın her bir noktası için iki) serbestlik derecesine sahip olan elektromanyetik alana uygulanmaya çalışıldığında bazı zorluklar çıktı. Bu serbestlik dereceleri her birinin kendi konumu ve momentumu bulunan osilatörler olarak kabul edilebilir. Bu osilatörler hareketsiz durumda olamazlar çünkü o zaman belirli konumları ve momentleri olacaktır. Bunun yerine her bir osilatör, minimum miktarda sıfır noktası dalgalanmaları olarak adlandırılan şeye ve sıfır olmayan bir enerjiye sahip olmalıdır. Sonsuz sayıda serbestlik derecesinin tümünün enerjileri elektronun görünürdeki kütlesinin ve yükünün sonsuz olmasına yol açacaktı.

1940'lı yılların sonlarında bu zorluğu aşmak amacıyla yeniden normalleştirme olarak adlandırılan bir işlem geliştirildi. Bu işlem bazı sonsuz niceliklerin geride sonlu artıklar kalacak

şekilde isteğe bağlı olarak çıkarılmasına dayanır. Elektrodinamikte, biri elektronun kütlesi, öteki de yükü için böyle iki sonsuz çıkarma işlemi yapmak zorunluydu. Bu yeniden normalleştirme işlemi, hiçbir zaman çok sağlam bir kavramsal ya da matematiksel temele oturtulmamış olmasına karşın, pratikte oldukça iyi sonuç vermiştir. Büyük başarısı, hidrojen atomu tayfındaki bazı çizgilerde küçük bir yer değişikliğinin, Lamb kaymasını açıklamasıdır. Bununla birlikte, eksiksiz bir kuram geliştirme girişimi açısından çok yeterli değildir. Çünkü sonsuz çıkarma işleminden geriye kalan sonlu artıkların değerleri hakkında herhangi bir öngörüde bulunmamaktadır. Böylece elektronun sahip olduğu kütle ve yükün nedenini açıklamak için antropik ilkeye geri dönmek zorunda kalırız.

1950'li ve 1960'lı yıllarda genel olarak, zayıf ve yeğin nükleer kuvvetlerin yeniden normalleştirilemeyeceğine inanılıyordu. Bunları sonlu hale getirmek için sonsuz sayıda sonsuz çıkarma işleminin gerekli olacağı düşünülüyordu. Kuram tarafından belirlenmemiş sonsuz sayıda sonlu artık olacaktı. Sonsuz sayıda parametrenin hepsi hiçbir zaman ölçülemeyeceği için böyle bir kuramın hiçbir öngörü gücü bulunmayacaktı. Ancak 1971'de Gerard't Hooft daha önce Abdus Salam ve Steven Weinberg tarafından önerilen elektromanyetik ve zayıf nükleer etkileşimlerin birleşik bir modelinin gerçekten yalnızca sonlu sayıda sonsuz çıkarma yapılarak yeniden normalleştirilebileceğini gösterdi. Salam-Weinberg kuramında elektromanyetik etkileşimi taşıyan spin-1 parçacığı fotona W^+, W^- ve Z^0 olarak adlandırılan öteki üç spin-1 eş katılır. Çok yüksek enerjilerde bu dört parçacığın tümünün benzer biçimde davranacağı öngörülür. Ancak daha düşük enerjilerde, W^+, W^- ve Z^0'ın çok kütleli olmalarına karşın, fotonun sıfır hareketsizlik kütlesine sahip olmasını açıklayabilmek için kendiliğinden simetri kırılması olarak adlandırılan bir olgu kullanılır. Bu kuramın düşük enerji öngörüleri, gözlemle dikkate değer ölçüde iyi bir uyum göstermiştir ve bu da 1979 yılında İsveç Akademisi'nin Salam, Weinberg ve benzer birleşik kuramlar oluşturmuş olan Sheldon Glashow'a Fizik Nobel Ödülü vermesine yol açmıştır. Ancak Glashow kendisi, foton tarafından taşınan elektroman-

yetik kuvvetler ile W^+, W^- ve Z^0 tarafından taşınan zayıf kuvvetler arasındaki birleşmenin gerçekten oluştuğu sistemde teoriyi test edecek kadar yüksek enerjili parçacık hızlandırıcılarına henüz sahip olmadığımız için, Nobel Komitesi'nin gerçekte riskli bir işe giriştiğini ileri sürdü. Yeterli güçteki hızlandırıcılar birkaç yıl içinde hazır olacak. Fizikçilerin çoğu bu hızlandırıcıların Salam-Weinberg kuramını doğrulayacağından emindir.[2]

Salam-Weinberg kuramının başarısı benzer bir yeniden normalleştirilebilir yeğin etkileşimler kuramının araştırılmasına yol açtı. Protonun ve pi mezon gibi diğer hadronların gerçek temel parçacıklar olamayacağı, bunların kuark olarak adlandırılan başka parçacıkların bağıl durumları olmaları gerektiği çok önceden kavranmıştı. Bunlar tuhaf bir özelliğe sahip görünmektedirler. Kuarklar bir hadron içinde oldukça serbest hareket edebilmektedirler; ama kendi başına yalnızca bir kuark elde etmenin olanaksız olduğu görülür. Her zaman üçlü gruplar halinde (proton ya da nötron gibi) ya da bir kuark ve karşı-kuarktan oluşan çiftler halinde (pi mezon gibi) bulunuyorlar. Bunu açıklamak için kuarklara renk denen bir özellik yakıştırıldı. Bunun normal olarak algıladığımız renklerle bir ilgisi olmadığı önemle belirtilmelidir; kuarklar görünebilir ışıkta görünmeyecek kadar küçüktür. Bu yalnızca kullanışlı bir adlandırmadır. Bu düşünceye göre kuarklar kırmızı, yeşil ve mavi renktedir. Ama bir hadron gibi ayrı bir bağıl durumun, ya proton gibi kırmızı, yeşil ve mavinin bir karışımı ya da pi mezon gibi kırmızı ve karşı-kırmızı, yeşil ve karşı-yeşil ve mavi ve karşı-mavinin bir karışımı olarak, renksiz olması zorunludur.

Kuarklar arasındaki yeğin etkileşimlerin, zayıf etkileşimi taşıyan parçacıklara oldukça benzeyen ve gluonlar olarak adlandırılan spin-1 parçacıklarıyla gerçekleştirildiği kabul ediliyor. Gluonlar da renk taşırlar. Gluonlar ve kuarklar kuantum renk dinamiği ve kısaca QCD olarak adlandırılan yeniden nor-

---

[2] Aslında W ve Z parçacıkları 1983 yılında Cenevre'de CERN laboratuvarında gözlemlenmişler ve 1984 yılında bu keşfi yapan ekibe önderlik eden Carlo Rubbia ve Simon van der Meere'e Nobel ödülü verilmiştir. Ödülü kaçıran kişi Hooft olmuştur.

malleştirilebilir bir kurama uyarlar. Yeniden normalleştirme işleminin bir sonucu olarak kuramın birleştirme değişmezi ölçüldüğü enerjiye bağlıdır ve çok yüksek enerjilerde sıfıra iner. Bu olgu asimptotik serbestlik olarak bilinir. Bunun anlamı bir hadron içindeki kuarkların hemen hemen yüksek enerji çarpışmalarındaki serbest parçacıklar gibi davrandıklarıdır. Böylece tedirgeme [perturbasyon] kuramıyla tedirgenmeleri ele alınabilir. Tedirgeme kuramının öngörüleri gözlemle yeterli ölçüde niteliksel uyum içindedir. Ama henüz kimse bu kuramın deneysel olarak doğrulandığını ileri süremez. Düşük enerjilerde etkili birleştirme değişmezi çok büyür ve tedirgeme kuramı artık işlemez. Bu "kızıl ötesi köleliğin" kuarkların niçin her zaman renksiz bir bağıl durumda olduğunu açıklayacağı umulmaktadır. Ama şimdiye kadar kimse bunu gerçekten inandırıcı bir biçimde gösterememiştir.

Yeğin etkileşimler için yeniden normalleştirilebilir bir kurama, zayıf ve elektromanyetik etkileşimler için de başka bir kurama sahip olduktan sonra bu iki kuramı birleştirecek bir kuramı aramak doğaldı. Böyle kuramlara "Büyük Birleşik Kuramlar" (Grand Unified Theories) veya GUT'ler gibi oldukça abartılı isimler verilir. Bu çok yanıltıcıdır. Çünkü bunlar ne o kadar büyük, ne tamamen birleşik, ne de tam kuramlardır. Birleştirme değişmezleri ve kütleler gibi bazı belirlenmemiş yeniden normalleştirme parametrelerine sahiptir. Yine de tam bir birleşik kurama doğru önemli bir adım olabilirler. Temel fikir, yeğin etkileşimlerin düşük enerjilerde büyük olan etkili birleştirme değişmezinin, asimptotik serbestlik yüzünden, yüksek enerjilerde derece derece azaldığıdır. Öte yandan Salam-Weinberg kuramının düşük enerjilerde küçük olan etkili birleştirme değişmezi, bu kuramın asimptotik olarak serbest olmaması yüzünden, yüksek enerjilerde derece derece artmaktadır. Eğer birleştirme değişmezlerinin düşük enerjideki artma ve azalma hızlarında bilinene dayanarak bilinmeyeni tahmin işlemi yapılırsa, iki birleştirme değişmezinin yaklaşık 10^{15} GeV'luk bir enerjide eşit hale geldiği görülür. (GeV bir milyar elektron volt demektir. Bu, yaklaşık olarak, bir hidrojen atomu tamamen enerjiye dönüştürülebilseydi çıkacak olan enerjidir.

Kıyaslarsak, yanma gibi kimyasal olaylarda çıkan enerji atom başına bir elektron volt düzeyindedir.) Bu kuramlar bu enerjinin üzerinde yeğin etkileşimlerin zayıf ve elektromanyetik etkileşimlerle birleştiğini, ama daha düşük enerjilerde kendiliğinden simetri kırılmasının gerçekleştiğini öne sürerler.

10^{15} GeV'luk bir enerji herhangi bir laboratuvar ekipmanının kapasitesinin ötesindedir. Günümüzdeki parçacık hızlandırıcıları yaklaşık 10 GeV'luk kütle-merkezi enerjileri üretebiliyor. Gelecek nesildekilerse 100 GeV'luk ya da ona yakın enerji üretecekler.* Bu düzey, Salam-Weinberg kuramına göre elektromanyetik kuvvetlerle zayıf kuvvetlerin birleşik hale gelmesi gerektiği enerji aralığını incelemek için yeterlidir. Ancak zayıf ve elektromanyetik etkileşimlerin kuvvetli etkileşimlerle birleşeceğinin öngörüldüğü çok yüksek enerji düzeyleri için yeterli değildir. Bununla birlikte büyük birleşik kuramların laboratuvarda denenebilir düşük enerji öngörüleri bulunabilir. Örneğin kuramlar protonunun tamamen kararlı olmadığını ve 10^{31} yıl gibi bir sürenin sonunda bozunacağını öngörür. Yaşam süresi üzerine mevcut deneysel alt sınır yaklaşık 10^{30} yıldır ve bunu iyileştirmek olasıdır.

Başka bir gözlenebilir öngörü, evrendeki baryonların fotonlara oranıyla ilgilidir. Fizik yasaları parçacıklar ve karşı-parçacıklar için aynı görünmektedir. Daha kesin bir şekilde söylenecek olursa, bu yasalar parçacıklar karşı-parçacıklarla, sağ yönlüler sol yönlülerle değiştirildiğinde ve tüm parçacıkların hızları ters yöne çevrildiğinde aynı kalmaktadır. Bu CPT teoremi olarak bilinir ve herhangi bir akla uygun kuramda bulunması gereken temel varsayımların bir sonucudur. Öte yandan Dünya ve gerçekte tüm güneş sistemi, herhangi bir karşı-proton ya da karşı-nötron içermeksizin, proton ve nötronlardan oluşmuştur. Gerçekte parçacıklar ve karşı-parçacıklar arasındaki bu dengesizlik, varoluşumuzun bir başka önkoşuludur. Çünkü eğer güneş sistemi parçacık ve karşı-parçacıkların eşit bir karışımından oluşsaydı, bunların hepsi, geriye yalnızca ışınım bırakarak, birbirlerini yok edeceklerdi. Bu tür bir imha ışınımının yokluğunu dikkate alarak, galaksimizin karşı-par-

* Günümüzdeyse CERN'de 7000 GeV'ye erişilmiştir –yn.

çacıklar yerine tamamen parçacıklardan oluştuğu sonucuna varabiliriz. Öteki galaksiler için doğrudan kanıtlara sahip değiliz, ama onların parçacıklardan oluştuğu ve bir bütün olarak evrende, parçacıkların karşı-parçacıklardan her 10^8 fotonda bir parçacık daha fazla olduğu görülmektedir. Bu, antropik ilkeyle açıklanmaya çalışılabilir, ama büyük birleşik kuramlar gerçekte bu dengesizliği açıklamaya yarayabilecek bir mekanizma sağlar. Tüm etkileşimlerin C (parçacıkların karşı-parçacıklarla yer değiştirmesi), P (sağ yönlülerin sol yönlülerle değişimi) ve T (zamanın yönünün tersine çevrilmesi) bileşimi altında değişmez görünmelerine karşın, yalnız T altında değişmez olmayan etkileşimlerin bulunduğu bilinmektedir. Genişlemenin verdiği çok belirgin bir zaman okunun bulunduğu en erken evren döneminde bu etkileşimler karşı-parçacıklardan daha fazla sayıda parçacık üretebilirdiler. Ancak sayıları modele çok bağımlı olduğundan, gözlemle uyum, büyük birleşik kuramların bir doğrulaması olmaktan uzaktır.

Şimdiye kadar sarfedilen çabaların çoğu, fiziksel etkileşimlerin ilk üç kategorisinin, yeğin ve zayıf nükleer kuvvetlerle elektromanyetizmanın birleştirilmesine yöneltilmiştir. Dördüncü ve sonuncusu, kütleçekim ihmal edilmiştir. Bunun haklı bir nedeni, kütleçekim etkisinin çok zayıf olmasıdır. Kuantum kütleçekim etkileri, ancak herhangi bir parçacık hızlandırıcısında olabilenin çok ötesindeki parçacık enerjilerinde büyük olabilir. Başka bir neden, kütleçekimin yeniden normalleştirilebilir görünmemesidir. Sonlu sayıda yanıtlar elde etmek için, sonsuz sayıda belirlenmemiş sonlu artık veren sonsuz sayıda sonsuz çıkarma yapılması gerekebilir. Ancak tamamen birleşik bir kuram elde edilecekse, kütleçekim de buna dahil edilmek zorundadır. Ayrıca klasik genel görelilik kuramı kütleçekim alanının sonsuz derecede yeğin olduğu uzayzaman tekilliklerinin varlığını öngörür. Bu tekillikler, geçmişte evrenin şimdiki genişlemesinin başlangıcında (Büyük Patlamada) olmuş olmalıdır ve gelecekte de yıldızların ve büyük olasılıkla evrenin kendisinin çöküşünde bulunacaktır. Tekillik öngörüleri klasik kuramın çökeceğine işaret eder görünüyor. Ancak kütleçekim alanının kütleçekim kuantum etkilerinin önem kazanması-

nı sağlayacak derecede güçlenmesine kadar, klasik kuramın çökmesi için bir neden görünmüyor. Bu nedenle, eğer evrenin ilk zamanlarını tanımlamak ve yalnızca antropik ilkeye başvurmanın ötesinde, başlangıç koşulları için bazı açıklamalar getirmek istiyorsak kütleçekimin kuantum kuramı zorunludur.

Böyle bir kuram ayrıca "Zaman, gerçekten, klasik genel görelilik kuramının öngördüğü gibi, bir başlangıca ve belki bir sona sahip mi?" ya da "Büyük Patlama veya Büyük Çöküşteki tekillikler bir şekilde kuantum etkileriyle yok oluyorlar mı?" gibi sorulara yanıt bulabilmek için de gereklidir. Uzay ve zamanın kendi yapılarının da belirsizlik ilkesine tabi olduğunu düşündüğümüzde, bu soru iyi tanımlanmış bir anlam vermenin çok zor olacağı bir sorudur. Kişisel görüşüm, belirli bir matematiksel anlamda, onları geçerek zamana devam edilebilirse de, tekilliklerin büyük olasılıkla hâlâ var olduklarıdır. Ancak bilinç ya da ölçümler yapma yeteneğiyle ilişkili öznel zaman kavramı bir sona ulaşacaktır.

Kütleçekimin kuantum kuramının elde edilmesi ve onunla öteki üç kategorideki etkileşimlerin birleştirilmesi konusunda beklenen nedir? En büyük umut, genel göreliliğin süper-kütleçekim olarak adlandırılan bir uzantısında yatıyor görünmektedir. Bunda, kütleçekim etkileşimini taşıyan spin-2 parçacığı graviton, süpersimetri dönüşümleri denen şeyle, bazı düşük spinli başka alanlarla ilişkilendirilir. Böyle bir kuram, bir yarım-tamsayı spinli parçacıklarla temsil edilen "madde" ile, tamsayı spinli parçacıklarla temsil edilen "etkileşimler" arasındaki eski ayrımı ortadan kaldırdığı için değerlidir. Onun bir başka büyük avantajı da kuantum kuramında ortaya çıkan çok sayıdaki sonsuzluğun birbirini yok etmesidir. Herhangi bir sonsuz çıkarma olmaksızın sonlu olan bir kuram verecek şekilde, hepsinin birbirini götürüp götürmedikleri henüz bilinmemektedir. Öyle oldukları umuluyor, çünkü kütleçekimi kapsayan kuramların ya sonlu ya da yeniden normalleştirilemez oldukları gösterilebilir, yani herhangi bir sonsuz çıkarma yapmak zorunluysa, bunu, karşılık gelen sonsuz sayıda belirlenmemiş kalanla sonsuz sayıda yapmak zorunlu olacaktır. Böylece süper-kütleçekimdeki tüm sonsuzlukların birbirlerini

yok ettiği ortaya çıkarsa, biz yalnızca tüm madde parçacıkları ve etkileşimlerini tamamen birleştirmekle kalmayan, ama aynı zamanda herhangi bir belirlenmemiş yeniden normalleştirme parametresinin olmaması anlamında tam bir kurama sahip olabiliriz.

Kütleçekimi öteki fiziksel etkileşimlerle birleştiren kuram bir yana, henüz uygun bir kuantum kütleçekim kuramına sahip değilsek de, onun taşıması gereken bazı özellikler hakkında bir fikrimiz var. Bunlardan biri, kütleçekimin uzayzamanın nedensel yapısını etkilemesiyle ilgilidir; yani kütleçekim hangi olayların birbirleriyle nedensel olarak bağlantılı olabileceğini belirler. Klasik genel görelilik kuramında bunun bir örneği, kütleçekim alanının, herhangi bir ışık ya da başka sinyali geriye içine doğru çekecek ve dışarı çıkmasına engel olacak kadar yeğin olduğu bir uzayzaman bölgesi olan kara deliklerdir. Kara deliğin yakınındaki yoğun kütleçekim alanı, biri kara deliğe düşen, öteki sonsuzluğa kaçan parçacık ve karşı-parçacık çiftlerinin yaratılmasına neden olur. Kaçan parçacık kara delik tarafından yayılmış görünür. Kara delikten belirli bir uzaklıktaki bir gözlemci, yalnızca dışarı giden parçacıkları ölçebilir ve deliğin içine düşenleri gözleyemediği için onlarla dışarı gidenler arasında ilişki kuramaz. Bu, dışarı giden parçacıkların, genellikle belirsizlik ilkesiyle ilişkilendirilenin ötesinde ve daha yüksek bir rasgelelik ve öngörülemezlik düzeyine sahip oldukları anlamına gelir. Normal durumlarda belirsizlik ilkesi, bir parçacığın *ya* konumu, *ya* hızı *ya da* konumuyla hızının bir birleşimi hakkında kesin bir öngörüde bulunulabileceği anlamına gelir. Böylece kabaca söylersek, insanın kesin öngörülerde bulunma yeteneği yarıya iner. Ancak bir kara delikten yayılan parçacıklar durumunda, kara deliğin içinde neler olduğunu kimsenin gözleyememesi, yayılan parçacıkların *ne* konumu *ne de* hızı hakkında kesin bir öngörüde bulunulabileceği anlamına gelir. Yapılabilecek tek şey, parçacıkların belirli modlarda yayılma olasılıklarını vermektir.

Bu nedenle, öyle görülüyor ki, bir birleşik kuram bulsak bile belki yalnızca istatistiksel öngörülerde bulunabileceğiz.

Ayrıca gözlediğimiz tek bir evrenin var olduğu düşüncesinden de vazgeçmek zorunda kalacağız. Onun yerine içinde bir olasılık dağılımıyla mümkün tüm evrenlerin bir topluluğunun bulunduğu bir resim kabul etmek zorunda kalacağız. Bu, evrenin niçin Büyük Patlamada hemen hemen mükemmel bir ısıl dengede başladığını açıklayabilir. Çünkü ısıl denge en büyük sayıda mikroskopik düzenlenişe ve bu nedenle de en büyük olasılığa karşılık gelecektir. Voltaire'in filozofu Pangloss'u tekrarlarsak: "Tüm olası dünyaların en olası olanında yaşıyoruz."

Çok uzak olmayan gelecekte tam bir birleşik kuram bulmamız konusunda beklentiler nelerdir? Gözlemlerimizi daha küçük ölçeklere ve daha yüksek enerjilere her yöneltişimizde yeni yapı katmanları keşfettik. Bu yüzyılın başında gerçekleştirilen, $3x10^{-2}$ eV'luk tipik bir enerji parçacığıyla Brown hareketinin keşfi maddenin sürekli olmadığını, atomlardan oluştuğunu ortaya koydu. Ondan kısa bir süre sonra da, bu bölünemez olarak görülen atomların birkaç elektron-voltluk enerjileriyle bir çekirdek etrafında dönen elektronlardan oluştuğu bulundu. Daha sonra sırasıyla çekirdeğin, temel parçacıklar olarak adlandırılan proton ve nötrondan oluştuğu ve bunların 10^6 eV'luk nükleer bağlarla birarada tutulduğu anlaşıldı. Bu öykünün en son bölümü proton ve nötronun 10^9 eV'luk bağlarla birarada bağlı tutulan kuarklardan oluştuğunu bulmamızdır. Kuramsal fizikte şimdiden büyük bir yol almış olmamızın bedeliyse, sonuçlarını önceden göremediğimiz bir deneyi gerçekleştirebilmek için çok büyük makinelerin ve önemli miktarda paranın gerekli hale gelmesidir.

Geçmiş deneyimimiz, gittikçe yükselen enerjilerde sonsuz bir yapı katmanları dizisi bulunduğunu düşündürebilir. Gerçekten buna benzer sonsuza kadar giden kutu içinde kutu görüşü, Çin'de Dörtlü Çete döneminde resmi dogmaydı. Ancak kütleçekim, yalnızca 10^{-33} cm gibi çok küçük bir uzunluk ölçeğinde ya da 10^{28} eV gibi çok yüksek bir enerji düzeyinde de olsa, bir sınır sağlıyor görünmektedir. Bundan küçük uzunluk ölçeklerinde, uzayzamanın düzgün süreklilik davranışını bırakacağı ve kütleçekim alanının kuantum dal-

galanmaları yüzünden köpüğe benzeyen bir yapı kazanacağı beklenebilir.

Şimdiki yaklaşık 10^{10} eV'luk deneysel sınırımız ile kütleçekim için kesici nokta olan 10^{28} eV'luk düzey arasında henüz keşfedilmemiş çok büyük bir bölge vardır. Büyük birleşik kuramların yaptığı gibi, bu çok büyük aralıkta yalnızca bir ya da iki yapı katmanı olduğunu düşünmek saflık olarak görünebilir. Ancak iyimser olmak için nedenler vardır. Şu anda, en azından, kütleçekimin öteki fiziksel etkileşimlerle, yalnızca bir süper-kütleçekim kuramı içinde, birleştirilebileceği görülmektedir. Böyle kuramların sınırlı sayıda olacağı görülüyor. Özellikle, bu tür kuramların en büyüğü, N=8 genişletilmiş süper-kütleçekim olarak adlandırılan kuram vardır. Bu kuram, bir graviton, gravitino olarak adlandırılan sekiz spin-3/2 parçacığı, yirmi sekiz spin-1 parçacığı, elli altı spin-1/2 parçacığı ve yetmiş spin 0 parçacığı içeriyor. Bu sayılar büyük olsa da, yeğin ve zayıf etkileşimlerde gözlemler göründüğümüz tüm parçacıkları açıklamaya yetecek büyüklükte değildir. Örneğin N=8 kuramı yirmi sekiz spin-1 parçacığına sahiptir. Bunlar yeğin etkileşimleri taşıyan gluonları ve zayıf etkileşimleri taşıyan dört parçacıktan ikisini açıklamak için yeterlidir. Ama öteki ikisi için yetersizdir. Bu nedenle gluonlar ya da kuarklar gibi gözlemlenen parçacıkların birçoğunun ya da çoğunluğunun gerçekte o anda göründükleri gibi temel parçacıklar olmadığına ve temel N=8 parçacıklarının bağıl durumları olduğuna inanmak zorunlu olacaktır. Görülebilir bir gelecekte ya da şimdiki ekonomik eğilimlere bakarak değerlendirdiğimizde hiçbir zaman, bu bileşik yapıları incelemeye yetecek güçte hızlandırıcılara sahip olabilmemiz pek olası değil. Yine de bu bağıl yapıların iyi tanımlanmış N=8 kuramından çıkmış olmaları şimdi ya da yakın gelecekte ulaşılabilecek enerjilerde denenebilecek bazı öngörülerde bulunmamıza olanak sağlayacaktır. Böylece bu durum elektromanyetizma ile zayıf etkileşimleri birleştiren Salam-Weinberg kuramının durumuna benzeyebilir. Bu kuramın düşük enerji öngörüleri gözlemle o kadar uyum içindedir ki, birleş-

menin gerçekleşeceği enerjiye henüz ulaşmadığımız halde, kuram genel olarak kabul edilmektedir.

Evreni tanımlayan kuramda çok ayırt edici bir şey olmalıdır. Öteki kuramlar yalnızca bulanların akıllarında var olurken, bu kuram niçin yaşam kazanıyor? N=8 süper-kütleçekim kuramı, özgün olacak bazı niteliklere sahiptir. Bu kuramın

1- Dört boyutlu olan
2- Kütleçekimi içeren
3- Herhangi bir sonsuz çıkarma olmadan sonlu olan

tek teori olabileceği anlaşılıyor.

Parametresiz tam bir kurama sahip olacaksak, üçüncü özelliğin zorunlu olduğunu belirtmiş bulunuyorum. Ancak antropik ilkeye başvurmaksızın birinci ve ikinci özellikleri açıklamak zordur. Birinci ve üçüncü özellikleri sağlayan ama kütleçekimi içermeyen tutarlı bir kuramın olabileceği görülüyor. Ancak böyle bir evrende, karmaşık yapıların gelişimi için büyük olasılıkla zorunlu olan, maddenin büyük kümeler halinde biraraya toplanmasını sağlayacak çekim kuvvetleri yeterli olmayacaktır. "Uzayzaman neden dört boyutlu olmalı?" sorusu, normal olarak fiziğin alanı dışında olduğu düşünülen bir sorudur. Bununla birlikte onun için de uygun bir antropik ilke tezi vardır. İkisi uzay ve biri zaman olmak üzere üç uzayzaman boyutunun herhangi bir karmaşık organizma için yetersiz olduğu açıktır. Öte yandan eğer üçten fazla uzay boyutu olsaydı, gezegenlerin Güneş etrafındaki veya elektronların çekirdek etrafındaki yörüngeleri kararsız olacak ve içeriye doğru sarmallar çizmeye eğilim gösterecekti. Geriye birden fazla zaman boyutunun bulunması olasılığı kalıyor ama böyle bir evreni imgelemenin çok zor olduğunu düşünüyorum.

Şimdiye kadar dolaylı olarak en temel kuram niteliğinde bir kuramın varlığını kabul ettim. Ama gerçekte var mı? En azından üç olasılık görünüyor:

1- Tam bir birleşik kuram vardır.
2- En temel kuram niteliğinde bir kuram yoktur, ama zincirin yeterince aşağısından bir teorinin alınmasıyla her-

hangi bir özel gözlemler sınıfı hakkında öngörüde bulunulabilen sonsuz bir teoriler dizisi vardır.

3- Bir kuram yoktur. Gözlemler belirli bir noktanın ötesinde tanımlanamaz ya da öngörülemez, gelişigüzeldirler.

Üçüncü görüş on yedinci ve on sekizinci yüzyılların bilim insanlarına karşı kullanılan bir tez olarak ileri sürüldü. Bilim insanları Tanrı'nın fikrini değiştirme özgürlüğünü azaltacak yasaları nasıl formüle edebilirlerdi? Ama yaptılar ve ilerlediler. Modern zamanlarda üçüncü olasılığı planımızın içine katarak tamamen yok ettik: Kuantum mekaniği temel olarak bilmediklerimizin ve öngörüde bulunamadıklarımızın bir kuramıdır.

İkinci olanak, gittikçe yükselen enerjilerde sonsuz bir yapılar dizisi resmine karşılık gelir. Daha önce de belirttiğim gibi bu olanaksız görünüyor. Çünkü 10^{28} eV'luk Planck enerjisinin bir sınır olacağı düşünülmektedir. Bu durumda geriye birinci olanak kalıyor. Şu anda N=8 süper-kütleçekim kuramı, görünen tek adaydır[4]. Ama gelecek birkaç yıl içinde bu kuramın iyi olmadığını gösterme olanağına sahip bazı can alıcı hesaplamalar geliştirebiliriz. Eğer teori bu testleri aşarsa, öngörülerde bulunmamızı sağlayacak hesaplama yöntemleri geliştirmemizden ve yerel fizik yasalarının yanısıra, evrenin ilk koşullarını açıklayabilmemizden önce muhtemelen daha birkaç yıl geçmesi gerekecektir. Bunlar gelecekteki yaklaşık yirmi yıllık dönemde kuramsal fizikçiler için önemli problemler olacaktır. Fakat biraz alarmlı bir notla bitirirsek, bu kadar bile zamanları olmayabilir. Şimdiki durumda bilgisayarlar

[4] Süper-kütleçekim teorileri 1, 2 ve 3 özelliklerini taşıyan tek parçacık teorileri gibi görünüyor ve bu yazının yazılışından beri, süpersicim teorileri denen teorilere yönelik büyük bir ilgi dalgası yükselmiştir. Bu kuramlarda, temel cisimler nokta parçacıklar değil, küçük sicim ilmekleri gibi uzatılmış cisimlerdir. Burada fikir, bize bir parçacık olarak görünen şeyin bir ilmekteki titreşim olduğudur. Süpersicim teorileri düşük enerji sınırında süper-kütleçekime indirgenir görünüyorlar, fakat şimdiye kadar süpersicim teorisinden deneysel olarak test edilebilir öngörüler elde etmede çok az başarı sağlanmıştır.

araştırmalarımızda yararlı bir yardımcıdır, ama insan aklıyla yönetilmeleri zorunludur. Ancak son yıllardaki hızlı gelişmeler temel alınarak gelecek için tahminde bulunulursa, kuramsal fiziği tümüyle ele geçirmelerinin çok mümkün olduğu görülür. Bu nedenle belki kuramsal fizik için değil, ama kuramsal fizikçiler için son yakındır.

8

EINSTEIN'IN RÜYASI[1]

Yirminci yüzyılın ilk yıllarında iki yeni teori uzay ve zamanı ve gerçeğin kendisini düşünüş şeklimizi tamamen değiştirdi. Yetmiş beş yıldan fazla bir zaman sonra, hâlâ onların sonuçları üzerinde çalışmakta ve onları evrendeki her şeyi tanımlayacak birleşik bir kuram halinde birleştirmeye uğraşmaktayız. Bu iki teori genel görelilik teorisi ve kuantum mekaniğidir. Genel görelilik teorisi uzay ve zamanla ve onların büyük bir ölçekte evrendeki madde ve enerji tarafından nasıl eğrildikleri veya yamulduklarıyla ilgilenir. Diğer taraftan kuantum mekaniği, çok küçük ölçeklerle ilgilenir. Onun içinde, hiçbir zaman bir parçacığın konum ve hızının aynı anda kesin olarak ölçülemeyeceğini söyleyen belirsizlik ilkesi yer alır. Birini daha hassas olarak ölçtükçe diğerini daha az hassas olarak ölçersiniz. Her zaman bir belirsizlik veya şans unsuru vardır ve bu, küçük ölçekte maddenin davranışını temel bir şekilde etkiler. Genel görelilik hemen hemen tek başına Einstein'ın işiydi ve Einstein kuantum mekaniğinin gelişiminde de önemli bir rol oynadı. Onun kuantum mekaniği hakkındaki duyguları şu cümlede özetlenmiştir: Tanrı zar atmaz. Fakat tüm kanıtlar Tanrı'nın us-

[1] Temmuz 1991'de Tokyo'da NTT Data Communications Systems Corporation Paradigm Session'da yapılan konuşmanın metnidir.

lanmaz bir kumarbaz olduğunu ve mümkün olan her fırsatta zar attığını göstermektedir.

Bu yazıda bu iki teorinin ardındaki temel fikirleri ve Einstein'ın kuantum mekaniğinden neden huzursuz olduğunu aktarmaya çalışacağım. Aynı zamanda, bu iki teori birleştirilmeye çalışıldığında, oluyor görünen dikkate değer şeylerin bazılarını anlatacağım. Bunlar zamanın kendisinin yaklaşık on beş milyar yıl önce bir başlangıcı olduğunu ve gelecekte bir noktada sonunun gelebileceğini göstermektedir. Ama bir başka tür zamanda, evrenin hiç sınırı yoktur. O ne yaratılır, ne de yok edilir. O yalnızca vardır.

Görelilik kuramıyla başlayacağım. Ulusal yasalar yalnızca bir ülke içinde geçerlidir, fakat fizik yasaları Britanya'da, Birleşik Devletler'de ve Japonya'da aynıdır. Bu yasalar aynı zamanda Mars'ta ve Andromeda galaksisinde de aynıdır. Yalnızca bu kadar değil, hangi hızla hareket ediyorsanız edin, bu yasalar aynıdır. Bu yasalar hızlı trende veya bir jet uçağında neyse, yerde duran birisi için de aynıdır. Aslında kuşkusuz, yeryüzünde hareketsiz olan biri bile Güneş etrafında saniyede 130 kilometre hızla hareket etmektedir. Güneş de galaksi etrafında saniyede yüzlerce kilometre hızla hareket etmektedir vb. Yine de tüm bu hareketler fiziğin yasaları için bir fark yaratmaz, bunlar tüm gözlemciler için aynıdır.

Sistemin hızının bu bağımsızlığı, ilk olarak gülleler veya gezegenler gibi cisimlerin hareket yasalarını çıkaran Galileo tarafından keşfedildi. Ancak insanlar gözlemcinin hızının bu bağımsızlığını, ışığın hızını yöneten yasaları da kapsayacak şekilde genişletmeye çalıştıklarında bir problem ortaya çıktı. On sekizinci yüzyılda ışığın kaynaktan gözlemciye birdenbire gitmediği, onun yerine belli bir hızla, yaklaşık olarak saniyede 300.000 kilometre hızla gittiği keşfedilmişti. Fakat bu hız neye göreydi? Uzayda ışığın geçtiği bir ortam olması gerektiği anlaşılıyordu. Bu ortama esir dendi. Işık dalgalarının esirden saniyede 300.000 kilometre hızla geçtiği düşünülüyordu, bu da esire göre hareketsiz olan bir gözlemcinin ışığın hızını saniyede 300.000 kilometre olarak ölçeceği, fakat esirde hareket halinde olan bir gözlemcinin daha yüksek veya daha düşük bir hız öl-

çeceği anlamına geliyordu. Özel olarak, yeryüzü Güneş etrafındaki yörüngesinde esirde hareket ederken, ışığın hızının değişmesi gerektiğine inanılıyordu. Ancak 1887 yılında Michelson ve Morley tarafından yapılan dikkatli bir gözlem ışığın hızının her zaman aynı olduğunu gösterdi. Gözlemci hangi hızla ilerliyor olursa olsun, her zaman ışığın hızını saniyede 300.000 kilometre olarak ölçecekti.

Bu nasıl doğru olabilir? Farklı hızlarda hareket eden gözlemcilerin hepsi ışığı aynı hızda nasıl ölçebilirler? Bunun yanıtı, eğer uzay ve zaman konusundaki normal fikirlerimiz geçerliyse ölçemeyecekleridir. Ancak 1905 yılında yazdığı ünlü bir yazıda, Einstein, evrensel zaman fikrini bırakırlarsa, böyle gözlemcilerin hepsinin aynı ışık hızını ölçebileceklerine işaret etmiştir. Evrensel zaman yerine, her birinin kendisiyle taşıdığı bir saatle ölçülen kendi zamanı olacaktır. Bu farklı saatler tarafından ölçülen zamanlar, eğer birbirlerine göre yavaş hareket ediyorlarsa, hemen hemen tam olarak uyuşacaktı, fakat eğer saatler yüksek hızla hareket ediyorsa farklı saatler tarafından ölçülen zamanlar önemli ölçüde farklı olacaktı. Bu etki gerçekten yerdeki bir saatle, ticari bir uçaktaki saati kıyaslayarak gözlemlenmiştir; uçaktaki saat yerdeki saate kıyasla biraz daha yavaş çalışır. Ancak normal yolculuk hızlarında saatlerin hızları arasındaki farklar çok küçüktür. Yaşamınıza bir saniye eklemek için Dünya etrafında dört yüz milyon defa dolaşmanız gerekir; fakat tüm o uçak yemekleriyle yaşamınız ondan daha fazla azalmış olur.

Kendi zamanlarına sahip olmak farklı hızlarda yolculuk yapan insanların ışık hızını aynı ölçmelerine nasıl neden olur? Işığın hızı, onun iki olay arasında yol aldığı uzaklığın olaylar arasındaki zaman aralığına bölünmesiyle bulunur. (Bu anlamda bir olay, uzayda tek bir noktada, zamanda belirli bir noktada olan bir şeydir). Farklı hızlarda hareket eden insanlar iki olay arasındaki uzaklık konusunda görüş birliği içinde olmayacaktır. Örneğin bir karayolundan aşağı inen bir arabanın hızını ölçersem, onun yalnızca bir kilometre ilerlemiş olduğunu düşünebilirim, fakat Güneş üzerindeki biri için, o 1800 kilometre kadar ilerlemiş olacaktır, çünkü araba yoldan inerken

yeryüzü hareket etmiş olacaktır. Farklı hızlarda hareket eden insanlar olaylar arasında farklı uzaklıklar ölçtüklerinden, ışığın hızı konusunda görüş birliğine varmaları için, aynı zamanda farklı zaman aralıkları ölçmüş olmaları gerekir.

Einstein'ın o ünlü 1905 yazısında önerdiği orijinal görelilik teorisi şimdi bizim özel görelilik teorisi olarak isimlendirdiğimiz şeydir. Bu teori cisimlerin uzay ve zamanda nasıl ilerlediklerini tanımlar. Bu teori zamanın, uzaydan ayrı olarak, kendi başına var olan evrensel bir nicelik olmadığını gösterir. Onun yerine, gelecek ve geçmiş yalnızca uzayzaman olarak isimlendirilen bir şey içinde, yukarısı ve aşağısı, sol ve sağ, ileri ve geri gibi yönlerdir. Zamanda yalnızca gelecek yönünde ilerleyebilirsiniz, fakat ona biraz açılı gidebilirsiniz. Bu nedenle zaman farklı hızlarda geçebilir.

Özel görelilik teorisi zamanı uzayla birleştirmiştir, fakat uzay ve zaman hâlâ içinde olayların olduğu sabit bir ardalandır. Uzayzaman içinde farklı yollardan gitmeyi seçebilirsiniz, fakat yaptığınız hiçbir şey uzay ve zamanın ardalanında değişiklik yapamaz. Ancak Einstein 1915 yılında genel görelilik kuramını formüle ettiğinde tüm bunlar değişti. Einstein kütleçekimin yalnızca değişmez uzayzaman ardalanı içinde çalışan bir kuvvet olmadığı şeklindeki devrimci fikre sahipti. Kütleçekim, içindeki kütle ve enerjinin neden olduğu bir uzayzamanın *bükülmesiydi*. Gülleler ve gezegenler gibi cisimler uzayzamanda doğru bir çizgide hareket etmeye çalışırlar, fakat uzayzaman düz olmayıp bükülmüş, eğrilmiş olduğu için, yolları bükülmüş görünür. Yeryüzü uzayzamanda düz bir çizgide hareket etmeye çalışmaktadır, fakat Güneş'in kütlesinin yarattığı uzayzamanın eğriliği onun Güneş etrafında bir daire içinde gitmesine yol açar. Benzer şekilde, ışık düz bir çizgide ilerlemeye çalışır, fakat uzayzamanın Güneş'in etrafındaki eğriliği uzak yıldızlardan gelen ışığın, Güneş'in yakınından geçerse, bükülmesine yol açar. Normal olarak, gökyüzünde Güneş'le hemen hemen aynı yönde olan yıldızları görmek mümkün değildir. Ancak Güneş'in ışığının büyük kısmının Ay tarafından engellendiği bir güneş tutulması sırasında, bu yıldızlardan gelen ışık gözlemlenebilir. Einstein genel görelilik kuramını koşulla-

rın bilimsel gözlemler için uygun olmadığı Birinci Dünya Savaşı sırasında yarattı; fakat savaştan hemen sonra bir İngiliz araştırma ekibi 1919 yılının güneş tutulmasını gözlemledi ve genel görelilik kuramının öngörüleri doğrulandı: Uzayzaman düz değildir, içindeki madde ve enerjiyle eğrilmiştir.

Bu Einstein'ın en büyük zaferiydi. Onun keşfi, uzay ve zamanı düşünüş şeklimizi tamamen değiştirdi. Onlar artık içinde olayların olduğu pasif bir ardalan değillerdi. Artık uzay ve zamanın evrende olup bitenden etkilenmeden sonsuza kadar devam ettiğini düşünemezdik. Onlar artık içlerinde oluşan olayları etkileyen ve bu olaylardan etkilenen dinamik niceliklerdi.

Kütle ve enerjinin önemli bir özelliği, her zaman pozitif yüklü olmalarıdır. Bu nedenle kütleçekim her zaman cisimleri birbirlerine doğru çeker. Örneğin yeryüzünün kütleçekimi Dünya'nın zıt taraflarında bile bizi ona doğru çeker. Bu nedenle Avustralya'daki insanlar dünyadan düşmezler. Benzer şekilde Güneş'in kütleçekimi gezegenleri onun etrafında yörüngede tutar ve yeryüzünün gezegenler arası uzayın karanlığına fırlamasını önler. Genel göreliliğe göre, kütlenin her zaman pozitif olması uzayzamanın, yeryüzünün yüzeyi gibi, tekrar kendi üzerine eğrilmiş olması anlamına gelir. Eğer kütle negatif olsaydı, uzayzaman bir eğerin yüzeyi gibi farklı şekilde kıvrılmış olurdu. Kütleçekimin çekici olduğunu yansıtan bu uzayzamanın pozitif eğriliği, Einstein tarafından büyük bir problem olarak görülmüştü. O zamanlar yaygın olarak evrenin durağan olduğuna inanılıyordu, ama eğer uzay ve özellikle zaman kendi üzerine eğrilmişse, evren şimdikiyle az çok aynı durumda sonsuza kadar nasıl devam edebilirdi?

Einstein'ın orijinal genel görelilik denklemleri, evrenin ya genişliyor ya da büzülüyor olması gerektiği çıkarımında bulunuyordu. Bu nedenle Einstein kütleçekim kuvvetine karşı koymak üzere, evrendeki kütle ve enerji ile uzayzamanın eğriliğinin bağlantısını kuran denklemlere yeni bir terim ekledi. Bu kozmolojik terim denen şey, itici bir kütleçekim etkisine sahipti. Böylece maddenin çekimini kozmolojik terimin itişiyle dengelemek mümkündü. Bir başka deyişle, kozmolojik terim tara-

fından üretilen uzayzamanın negatif eğriliği, evrendeki kütle ve enerji tarafından üretilen uzayzamanın pozitif eğriliğini yok edebilirdi. Bu şekilde, aynı durumda sonsuza kadar süren bir evren modeli elde edilebilirdi. Einstein kozmolojik terim olmayan orijinal denklemine bağlı kalmış olsaydı, evrenin ya genişlediği ya da büzüldüğü çıkarımında bulunurdu. Gerçekte, Edwin Hubble'ın uzak galaksiler üzerindeki gözlemlerinin, onların kabaca bizden uzaklıklarıyla orantılı hızlarla uzaklaştıklarını gösterdiği 1929 yılına kadar, hiç kimse evrenin zamanla değiştiğini düşünmedi. Evren genişlemektedir. Daha sonraları Einstein kozmolojik terimi "yaşamımın en büyük hatası" olarak nitelendirmiştir.

Fakat kozmolojik terimle veya o olmadan, maddenin, uzayzamanın kendi üzerinde eğrilmesine neden olduğu gerçeği, genel olarak öyle kavranmasa da, bir problem olarak kaldı. Bunun anlamı, maddenin bir bölgeyi, kendisini fiilen evrenin kalanından kesip ayıracak kadar kendi üzerinde eğriltebileceğiydi. Bu bölge kara delik olarak isimlendirilecek şey haline gelecekti. Cisimler kara deliğin içine düşebilir fakat hiçbir şey kaçıp kurtulamazdı. Dışarı çıkmak için ışığın hızından daha hızlı hareket etmeleri gerekirdi, buna da genel görelilik kuramı tarafından izin verilmemekteydi. Böylece kara deliğin içindeki cisim hapsolmuş olacak ve bilinmeyen bir yüksek yoğunluk durumuna çökecekti.

Einstein bu çökmenin sonuçlarından çok huzursuz olmuştu ve bunun gerçekleştiğine inanmayı reddetti. Fakat 1939 yılında Robert Oppenheimer Güneş'in kütlesinin iki katından daha fazla kütleye sahip olan bir eski yıldızın, tüm nükleer yakıtını tükettiğinde, kaçınılmaz olarak çökeceğini gösterdi. Daha sonra savaş araya girdi, Oppenheimer atom bombası projesine katıldı ve kütleçekim çökmesi üzerine ilgisini kaybetti. Diğer bilim insanları yeryüzünde incelenebilir fizikle daha fazla ilgileniyorlardı. Evrenin uzak alanları hakkındaki öngörülere güvenmiyorlardı, çünkü bunlar gözlemle test edilebilir görünmüyorlardı. Ancak 1960'larda, astronomik gözlemlerin alanı ve niteliğindeki büyük gelişmeler, kütleçekim çökmesi ve evrenin ilk zamanları konusundaki ilgiyi yeniden canlan-

dırdı. Roger Penrose ve benim bazı teoremleri kanıtlamamıza kadar, Einstein'ın genel görelilik teorisinin bu durumlarda tam olarak neyin çıkarımında bulunduğu konusu açık değildi. Bu teoremler, uzayzamanın kendi üzerinde eğrilmiş olmasının, uzayzamanın bir başlangıç veya sona sahip olduğu yerler olan tekilliklerin bulunduğu anlamına geldiğini gösteriyordu. Uzayzaman yaklaşık on beş milyar yıl önce Büyük Patlamada bir başlangıca sahip olmuş olmalıydı ve çöken bir yıldız için ve çöken yıldızın geride bıraktığı kara deliğe düşen herhangi bir şey için bir sona ulaşacaktı.

Einstein'ın genel görelilik kuramının tekilliklerin çıkarımında bulunmuş olduğunun ortaya çıkması, fizikte bir krize yol açtı. Uzayzamanın eğriliğinin, kütle ve enerji dağılımıyla ilişkisini kuran genel görelilik denklemleri bir tekillik olarak tanımlanamaz. Bu, genel göreliliğin, tekillikten ne çıktığı konusunda öngörüde bulunamayacağı anlamına gelir. Özel olarak genel görelilik evrenin Büyük Patlamada nasıl başlaması gerektiği çıkarımında bulunamaz. Bu yüzden genel görelilik tam bir teori değildir. Evrenin nasıl başlaması ve madde kendi kütleçekimi altında çöktüğünde ne olması gerektiğini belirleyecek bir ek unsur gerektirir.

Gerekli ek unsurun kuantum mekaniği olduğu anlaşılıyor. Einstein 1905'te, özel görelilik teorisi üzerine makalesini yazdığı yıl, aynı zamanda fotoelektrik etki denen bir olay hakkında da makale yazdı. Belli metallere ışık düştüğünde yüklü parçacıklar yayıldığı gözlemlenmişti. Çok şaşırtıcı olan şey, eğer ışığın yoğunluğu azaltılırsa, yayılan parçacık sayısının azalması, fakat her parçacığın salınma hızının aynı kalmasıydı. Einstein ışığın herkesin varsaydığı gibi sürekli olarak değişken miktarlarda değil, belli büyüklükte paketler halinde yayılması durumunda bunun açıklanabileceğini gösterdi. Işığın yalnızca kuanta denen paketler halinde yayılması fikri birkaç yıl önce Alman fizikçi Max Planck tarafından ileri sürülmüştü. Bu, biraz, süpermarkette şekerin açık olarak tartarak değil, yalnızca kilogramlık paketler halinde alınabileceğini söylemeye benzer. Planck kuanta fikrini, kızarmış bir metal parçasının neden sonsuz miktarda

ısı vermediğini açıklamak üzere kullandı; fakat kuantayı basitçe teorik bir hile olarak, fiziksel gerçeklikte herhangi bir şeye karşılık gelmeyen bir şey olarak düşündü. Einstein'ın yazısı, tek tek kuantaları doğrudan gözlemleyebileceğimizi gösterdi. Yayılan her parçacık metale çarpan bir ışık kuantumuna karşılık geliyordu. Bu, yaygın şekilde kuantum teorisine çok önemli bir katkı olarak değerlendirildi ve ona 1922 yılında Nobel ödülü getirdi. (Einstein genel görelilik kuramıyla bir Nobel ödülü kazanmış olmalıydı, fakat uzay ve zamanın eğrilmiş olduğu fikri hâlâ fazla spekülatif ve tartışmalı sayılıyordu, bu yüzden ona, onun yerine, fotoelektrik etki için bir ödül verdiler.)

Fotoelektrik etkinin tam sonuçları, 1925 yılında, Werner Heisenberg'in, onun bir parçacığın konumunu tam olarak ölçmeyi olanaksız kıldığına işaret edişine kadar kavranmamıştı. Bir parçacığın ne olduğunu anlamak için onu ışığa tutmanız gerekir. Fakat Einstein çok küçük bir miktarda ışık kullanamayacağımızı, en azından bir paket veya kuantum kullanılması gerektiğini göstermişti. Bu ışık paketi parçacığı etkileyecek ve onun bir yönde bir hızla hareket etmesine yol açacaktı. Parçacığın konumunu ne kadar hassas ölçmek isterseniz, kullanmak zorunda kalacağınız paketin enerjisi o kadar büyük olacak ve böylece parçacığı daha fazla etkileyecekti. Siz parçacığın konumunu nasıl ölçmeye çalışırsanız çalışın, konumundaki belirsizlik ile hızındaki belirsizliğin çarpımı her zaman belirli bir minimum miktardan büyük olacaktı.

Bu Heisenberg belirsizlik ilkesi, bir sistemin durumunun tam olarak ölçülemeyeceğini, bu yüzden onun gelecekte tam olarak ne yapacağı konusunda öngörüde bulunulamayacağını gösterdi. Tüm yapılabilecek şey, farklı sonuçların olasılıkları hakkında öngörüde bulunmaktı. Einstein'ı o kadar huzursuz eden şey, işte bu şans ya da rasgelelik unsuruydu. Einstein fizik yasalarının ne olacağı hakkında belirli, muğlak olmayan bir öngörüde bulunmamasına inanmayı reddetti. Fakat nasıl ifade edilirse edilsin, tüm kanıtlar, kuantum olayı ve belirsizlik ilkesinin kaçınılmaz olduklarını ve fiziğin her dalında onlarla karşılaşıldığını göstermektedir.

Einstein'ın genel göreliliği klasik teori olarak isimlendirilen bir şeydir; yani belirsizlik ilkesini kapsamaz. Bu nedenle genel göreliliği belirsizlik ilkesiyle birleştiren yeni bir teori bulunması gerekir. Çoğu durumda, bu yeni teori ile klasik genel görelilik arasındaki fark çok küçük olacaktır. Bunun nedeni, daha önce belirtildiği gibi, kuantum etkilerinin öngörüde bulunduğu belirsizliğin yalnızca çok küçük ölçeklerde olması, genel göreliliğinse çok büyük ölçeklerde uzayzamanın yapısıyla ilgilenmesidir. Ancak Penrose ve benim kanıtladığımız tekillik teoremleri, uzayzamanın çok küçük ölçeklerde son derece eğrilmiş olacağını gösteriyor. O zaman belirsizlik ilkesinin etkileri çok önemli olacaktır ve bazı dikkate değer sonuçlara işaret eder görünmektedir.

Einstein'ın kuantum mekaniği ve belirsizlik ilkesiyle olan problemlerinin bir kısmı, onun bir sistemin belirli bir geçmişi olduğu şeklinde yaygın, sağduyuya dayanan kavramı kullanmasından ileri gelmektedir. Bir parçacık ya bir yerdedir ya da bir başka yerdedir. Yarısı bir yerde yarısı diğer yerde olamaz. Benzer şekilde astronotların aya ayak basması gibi bir olay ya olmuştur ya da olmamıştır. Yarı olmuş olamaz. Bu insanın biraz ölü veya biraz hamile olamaması gibidir. Ya öylesiniz ya da değilsiniz. Fakat eğer bir sistemin belirli tek bir geçmişi varsa, belirsizlik ilkesi parçacıkların aynı anda iki yerde olması veya astronotların yalnızca yarı ayda olmaları gibi her türden paradoksa yol açar.

Einstein'ı o kadar sıkmış olan bu paradoksları önlemenin güzel bir yolu Amerikalı fizikçi Richard Feynman tarafından ileri sürülmüştü. Feynman 1948 yılında ışığın kuantum teorisi üzerindeki çalışmasıyla ün kazandı. 1965 yılında bir başka Amerikalı Julian Schwinger ve Japon fizikçi Shinichiro Tomonaga'yla birlikte Nobel ödülü aldı. Fakat o Einstein'la aynı gelenekte, fizikçinin fizikçisiydi. Tantana ve saçmalıktan nefret ederdi ve National Academy of Science'dan [Ulusal Bilimler Akademisi], onların zamanlarının çoğunu başka hangi bilim insanının Akademiye kabul edilmesi gerektiği konusu üzerinde karar vermekle geçirdiklerini görünce, istifa etti. 1988 yılında ölen Feynman teorik fiziğe birçok katkısıyla anımsanır.

Bunlardan biri parçacık fiziğinde hemen hemen her hesaplamada temel olan, onun adını taşıyan diyagramlardır. Fakat daha da önemli bir katkısı, geçmişlerin toplamı kavramıydı. Burada fikir, bir sistemin, klasik kuantum dışı teoride normal olarak varsayıldığı gibi, uzayzamanda tek bir geçmişe sahip olmadığıdır. Onun yerine, sistem her olası geçmişe sahiptir. Örneğin belirli bir zamanda A noktasında olan bir parçacığı düşünün. Normal olarak parçacığın A'dan uzaklaşırken düz bir çizgi üzerinde hareket edeceği varsayılır. Ancak geçmişlerin toplamına göre, A'da başlayan herhangi bir yolda ilerleyebilir. Bu durum bir kurutma kâğıdına bir parça mürekkep damlattığınız zaman olacak olan şeye benzer. Mürekkep parçacıkları kurutma kâğıdında mümkün olan her yoldan yayılırlar. Kâğıdı keserek iki nokta arasındaki düz çizgiyi tıkasanız bile mürekkep köşeden döner.

Parçacığın her yolu veya geçmişiyle bağlantılı olarak, yolun şekline bağlı olan bir sayı vardır. Parçacığın A noktasından B noktasına gitmesi olasılığı, parçacığı A'dan B'ye götüren tüm yollarla bağlantılı sayıların toplanmasıyla bulunur. Yolların çoğu için, yolla bağlantılı sayı yakındaki yolların sayılarını hemen hemen siler. Böylece onlar parçacığın A'dan B'ye gidişinin olasılığına çok az katkıda bulunurlar. Fakat düz yolların sayıları hemen hemen düz olan yolların sayılarıyla toplanır. Böylece olasılığa ana katkı düz veya hemen hemen düz olan yollardan gelecektir. Bu nedenle, bir parçacığın bir köpük odasından geçerken yaptığı iz hemen hemen düz görünür. Fakat parçacığın yoluna, üzerinde bir yarık bulunan bir duvar gibi bir şey koyarsanız, parçacık yolları yarığın ötesinde yayılabilir. Parçacığı yarıktan geçen düz çizginin uzağında bulma olasılığı yüksek olabilir.

1973 yılında, belirsizlik ilkesinin, bir kara delik yakınında eğrilmiş uzayzamanda bir parçacık üzerindeki etkisini araştırmaya başladım. Çok dikkate değer ki, kara deliğin tam olarak kara olmayacağını buldum. Belirsizlik ilkesi parçacıklar ve ışınımın sabit bir hızla kara delikten dışarı sızmasına olanak verecekti. Bu sonuç ben ve başka herkes için tam bir sürpriz oldu ve genel bir inançsızlıkla karşılandı. Fakat önceden görü-

lebilmesi ve durumun açık olması gerekiyordu. Bir kara delik, ışığın hızından daha yavaş bir hızda ilerleniyorsa kaçıp kurtulması olanaksız olan bir uzay bölgesidir. Fakat Feynman'ın geçmişlerin toplamı kavramı parçacıkların uzayzamanda *herhangi* bir yoldan gidebileceklerini söyler. Bu yüzden bir parçacığın ışıktan hızlı ilerlemesi mümkündür. Işık hızından daha yüksek hızda uzun bir yol almasının olasılığı düşüktür, fakat kara delikten çıkmasına yetecek kadar bir yolu ışıktan daha hızlı gidebilir ve daha sonra ışıktan yavaş ilerleyebilir. Bu şekilde belirsizlik ilkesi, parçacıkların en sıkı hapishane, bir kara delik olarak düşünülen yerden kaçıp kurtulmalarına olanak verir. Bir parçacığın Güneş kadar kütlesi olan bir kara delikten dışarı çıkmasının olasılığı çok düşük olacaktır, çünkü parçacık kilometrelerce ışıktan hızlı gitmek zorunda kalacaktır. Fakat evrenin ilk zamanlarında oluşmuş çok daha küçük kara delikler olabilir. Bu en eski kara delikler bir atomun çekirdeğinin büyüklüğünden daha az büyüklükte olabilirler, yine de kütleleri yüz milyar ton, Fuji dağının kütlesi kadar, olabilir. Bu kara delikler büyük bir trafo kadar çok enerji yayıyor olabilirler. Keşke bu küçük kara deliklerden bir tane bulup enerjisini kullanabilseydik! Fakat göründüğü kadarıyla evrende bunlardan fazla sayıda yoktur.

Kara deliklerin ışınım yapması, Einstein'ın genel göreliliğini kuantum ilkesiyle birleştirmenin ilk önemli sonucuydu. Bu, kütlesel çökmenin göründüğü kadar bir ölü son olmadığını gösterdi. Bir kara delikteki parçacıkların yaşamlarının sonuna bir tekillikte ulaşmaları zorunlu değildi. Onun yerine, kara delikten kaçıp kurtulabilirler ve dışarda yaşamlarına devam edebilirlerdi. Belki kuantum ilkesi geçmişlerin, Büyük Patlamada, zamanda bir başlangıca, bir yaratılma noktasına, sahip olmalarını önlemenin de mümkün olduğu anlamına gelmekteydi.

Bu yanıtlandırılması çok daha zor bir sorudur, çünkü kuantum ilkesinin, yalnızca verilen bir uzayzaman ardalanında parçacık yollarına değil, zaman ve uzayın kendi yapılarına uygulanmasını gerektirir. Gerekli olan şey yalnızca parçacıklar için değil, uzay ve zamanın tüm dokusu için de, geç-

mişlerin toplamını almanın bir yoludur. Henüz bu toplamı doğru dürüst nasıl yapacağımızı bilmiyoruz, fakat sahip olması gereken belirli özellikleri biliyoruz. Bunlardan birisi, eğer alışılmış gerçek zamanda değil de, sanal zaman denen şeydeki geçmişlerle ilgilenirsek, toplam almanın daha kolay olduğudur. Sanal zaman anlaşılması zor bir kavramdır ve kitabımın okuyucuları için en büyük problemlere yol açanın da o olması olasıdır. Ben aynı zamanda felsefeciler tarafından da sanal zamanı kullanmam nedeniyle şiddetle eleştirildim. Sanal zamanın gerçek evrenle nasıl bir ilişkisi olabilir? Kanımca bu felsefeciler tarihin derslerini öğrenmemişlerdir. Bir zamanlar Dünya'nın düz olduğu ve Güneş'in onun etrafında döndüğünün açık olduğu kabul ediliyordu, ama Kopernik ve Galileo'nun zamanından beri yeryüzünün yuvarlak olduğu ve Güneş'in etrafında döndüğü fikrine kendimizi alıştırmak zorunda kalmış bulunuyoruz. Benzer şekilde, zamanın her gözlemci için aynı hızla ilerlediği kabul ediliyordu, fakat Einstein'ın zamanından beri zamanın farklı gözlemciler için farklı hızla ilerlediğini kabul etmek zorunda kalmış bulunuyoruz. Aynı zamanda, evrenin tek bir geçmişi olduğu düşünülüyordu, ama kuantum mekaniğinin keşfinden beri evrenin her olası geçmişe sahip olduğunu düşünmek zorunda kalmış bulunuyoruz. Sanal zaman fikrinin de kabul etmek zorunda kalacağımız bir şey olduğunu ileri sürmek istiyorum. Bu Dünya'nın yuvarlak olduğuna inanmakla aynı düzeyde bir entelektüel sıçramadır. Sanal zamanın, şimdi yuvarlak Dünya'nın doğal görünüyor olması gibi, doğal görünmeye başlayacağını düşünüyorum. Eğitilmiş dünyada kalan fazla düz dünyacı yoktur.

Alışılmış gerçek zamanı soldan sağa giden yatay bir çizgi gibi düşünebiliriz. Erken zamanlar soldadır, geç zamanlar sağdadır. Fakat zamanın bir başka yönü, sayfanın yukarısına ve aşağısına giden bir yönü, olduğunu da düşünebilirsiniz. Bu zamanın sanal yönü denen şeydir, gerçek zamana dik açılardadır.

Sanal zaman kavramını getirmenin amacı nedir? Neden anladığımız gerçek zamana bağlı kalınmıyor? Bunun nedeni, daha önce söz edilmiş olduğu gibi, madde ve enerjinin uzay-

zamanın kendi üzerinde içe eğrilmesine yol açmaya eğilimli oluşlarıdır. Gerçek zaman yönünde bu kaçınılmaz olarak tekilliklere, uzayzamanın bir sona ulaştığı yerlere yol açar. Tekilliklerde fiziğin denklemleri tanımlanamaz, bu yüzden ne olacağı konusunda öngörüde bulunulamaz. Fakat sanal zamanın yönü gerçek zamanla dik açılıdır. Bu da, onun, uzayda hareket etmeye karşılık gelen üç yöne benzer bir şekilde davrandığı anlamına gelir. O zaman evrendeki maddenin yol açtığı uzayzamanın eğriliği, üç uzay yönü ve sanal zaman yönünün arkada buluşmalarına yol açabilir. Yeryüzünün yüzeyi gibi kapalı bir yüzey oluştururlar. Üç uzay yönü ve sanal zaman sınırları veya kenarları olmayan kendi üzerine kapalı bir uzayzaman oluştururlar. Dünya'nın yüzeyinin bir başlangıç veya sona sahip olmasından söz etmek ne kadar olanaksızsa, uzayzamanın da başlangıç veya son olarak adlandırılabilecek bir noktası olmasından söz etmek o kadar olanaksızdır.

1983 yılında Jim Hartle ve ben evrenin geçmişleri toplamının gerçek zamandaki geçmişlerden alınmaması gerektiğini ileri sürdük. Onun yerine, yeryüzünün yüzeyi gibi kendi üzerine kapanmış olan sanal zamandaki geçmişlerin üzerinden toplam alınmalıdır. Bu geçmişlerde herhangi bir tekillik veya herhangi bir başlangıç ya da son bulunmadığı için, onlar içinde ne olduğu tamamen fizik yasaları tarafından belirlenir. Bu da sanal zamanda olan şeylerin hesaplanabileceği anlamına gelir. Ve eğer evrenin sanal zamanda geçmişini biliyorsanız, gerçek zamanda nasıl davrandığını hesaplayabilirsiniz. Bu şekilde evrendeki her şey hakkında öngörüde bulunabilecek tam bir birleşik teori bulmayı umabiliriz. Einstein yaşamının son yıllarını böyle bir teoriyi arayarak geçirdi. Böyle bir teori bulamadı, çünkü kuantum mekaniğine güvenmiyordu. Evrenin, geçmişlerin toplamında olduğu gibi, birçok alternatif geçmişleri olabileceğini kabul etmeye hazır değildi. Hâlâ evren için geçmişlerin toplamının nasıl doğru dürüst yapılacağını bilmiyoruz, fakat bu işin sanal zamanı ve kendi üzerine kapanan uzayzaman fikrini ilgilendireceğinden oldukça emin olabiliriz. Bu kav-

ramların gelecek nesle Dünya'nın yuvarlak olması fikri gibi doğal görünmeye başlayacağını düşünüyorum. Sanal zaman halihazırda bilimkurgunun bir kavramıdır. Fakat bilimkurgu veya matematiksel bir hile olmaktan öte bir şeydir. İçinde yaşadığımız evreni şekillendiren bir şeydir.

9

EVRENİN KÖKENİ[1]

Evrenin kökeni sorunu biraz eski bir soru olan "tavuk mu yumurtadan, yumurta mı tavuktan çıkar?" sorusuna benzer. Bir başka deyişle, hangi güç evreni yarattı ve o gücü kim yarattı? Ya da belki evren veya yaratan güç her zaman vardı ve yaratılmaları gerekmedi. Son zamanlara kadar bilim insanları, metafiziğin veya dinin konusu olduklarını düşünüp bu tür sorulardan uzak durmuşlardır. Ancak son birkaç yılda bilim yasalarının evrenin başlangıcında bile geçerli olabileceği ortaya çıkmıştır. O durumda evren kendi kendini taşır durumda ve tamamen bilim yasaları tarafından belirlenmiş olabilir.

Evrenin başlangıcı olup olmadığı ve nasıl başladığı konusundaki tartışma yazılı tarih boyunca sürmüştür. Temel olarak iki düşünce okulu vardı. Pek çok eski gelenek ve Musevi, Hıristiyan ve İslam dinleri evrenin oldukça yeni bir geçmişte yaratılmış olduğunu savunur. (On yedinci yüzyılda piskopos Ussher evrenin yaradılışı için MÖ 4004 tarihini hesaplamıştır. Bu onun Eski Ahit'teki insanların yaşlarını toplayarak bulduğu bir rakamdır.) Kültür ve teknolojide evrimin sürme-

[1] Newton'un *Principia* adlı eserinin yayımlanışının 300. yıldönümünde, Haziran 1987'de, Cambridge'te yapılan Three Hundred Years of Gravity konferansında yapılan konuşma metnidir.

si, kökenimizin çok eski bir geçmişe dayanmadığı düşüncesini desteklemek üzere kullanılır. Herhangi bir işi ilk olarak kimin gerçekleştirdiğini veya bu tekniği kimin geliştirdiğini anımsarız. Bu durum şu teze destek sağlar: O kadar uzun süre ortada olmuş olamayız, aksi takdirde halihazırda şu anda olduğundan çok daha fazla ilerlemiş olurduk. Aslında yaradılışla ilgili İncil'deki tarih son buz devrinin sonundan fazla uzak değildir. Bu modern insanların ilk olarak ortaya çıkmış olduklarının anlaşıldığı zamandır.

Diğer taraftan Yunanlı filozof Aristoteles gibi, evrenin bir başlangıcı olduğu fikrinden hoşlanmayanlar vardı. Onlar bunun tanrısal müdahale anlamına geleceğini düşünüyorlardı. Onlar evrenin var olduğuna ve sonsuza kadar var olacağına inanmayı tercih ettiler. Sonsuz olan bir şey yaratılması gereken bir şeyden daha mükemmeldi. Yukarıda anlatılmış olan insanın ilerlemesi tezine bir yanıtları vardı: Dönemsel seller veya diğer felaketler tekrar tekrar insan soyunu başlangıca geri götürmüştü.

Her iki düşünce okulu da evrenin esas olarak zamanla değişmediğini savunuyorlardı. Ya şimdiki şekliyle yaratılmıştır ya da sonsuz şekilde bugün olduğu gibi var olmuştur. Bu doğal bir inançtı, çünkü insan yaşamı –aslında yazılı tarihin tamamı– o kadar kısa bir süredir vardır ki, evren bu süre içinde önemli ölçüde değişmemiştir. Durağan, değişmeyen bir evrende onun sonsuz şekilde mi var olduğu, yoksa geçmişte sonlu bir zamanda mı yaratılmış olduğu sorusu gerçekte bir metafizik veya din meselesidir: Her iki teori de böyle bir evreni açıklayabilirdi. Aslında, 1781 yılında, filozof Immanuel Kant, evrenin bir başlangıca sahip olduğuna inanma veya bir başlangıca sahip olmadığına inanma konusunda eşit derecede geçerli tezler olduğu sonucuna vardığı *Saf Aklın Eleştirisi* adlı anıtsal ve anlaşılması çok güç bir eser yazmıştır. Esere verdiği başlığın ifade ettiği gibi, onun vardığı sonuçlar basitçe yargı gücüne dayanıyordu, bir başka deyişle, evrenle ilgili herhangi bir gözlemi dikkate almamıştı. Ne de olsa değişmeyen bir evrende gözlemlenecek ne vardı?

Ancak on dokuzuncu yüzyılda, yeryüzü ve evrenin geri kalanının aslında zamanla değişmekte olduğu konusunda ka-

nıtlar birikmeye başladı. Jeologlar kayaların ve içlerindeki fosillerin oluşumunun yüzlerce veya binlerce milyon yıl almış olacağını kavradılar. Bu yaradılışçılar tarafından hesaplanmış olan yeryüzünün yaşından çok daha uzun bir süreydi. Alman fizikçi Ludwig Boltzman tarafından Termodinamiğin İkinci Yasası denen şeyin keşfi yeni kanıtlar sağladı. Bu yasa evrendeki toplam düzensizlik miktarının (bu entropi denen bir nicelikle ölçülür) zamanla arttığını söyler. İnsanın ilerleyişi konusundaki yukardaki tez gibi, bu da evrenin ancak sonlu bir süredir devam ediyor olabileceğini ileri sürer. Aksi takdirde, şimdiye kadar evren her şeyin aynı sıcaklıkta olduğu tam bir düzensizlik durumunda bozulmuş olurdu.

Durağan evren fikrinde bir başka güçlük, Newton'un kütleçekim yasasına göre, evrendeki her bir yıldızın, her bir başka yıldıza doğru çekilmesinin gerekmesidir. Eğer öyleyse, yıldızlar nasıl hareketsiz, birbirlerinden değişmez uzaklıkta durabilirlerdi? Hepsinin birlikte düşmesi gerekmez miydi?

Newton bu problemin farkındaydı. Zamanın önde gelen bir filozofu olan Richard Bentley'e bir mektubunda, yıldızların *sonlu* bir topluluğunun hareketsiz kalamayacağını, aksi takdirde, merkezi bir noktaya düşmeleri gerektiğini kabul etti. Ancak sonsuz bir yıldız topluluğunun birlikte düşmeyeceğini, çünkü onların düşeceği herhangi bir merkezi nokta olmayacağını ileri sürdü. Bu tez, sonsuz sistemler hakkında konuşulurken karşılaşılabilecek tuzakların bir örneğidir. Her bir yıldız üzerindeki evrendeki sonsuz sayıda diğer yıldızlardan gelen kuvvetleri toplamada farklı yollar kullanarak, yıldızların birbirlerinden değişmez uzaklıklarda kalıp kalamayacağı sorusuna farklı yanıtlar elde edilebilir. Şimdi doğru sürecin, *sonlu* bir yıldız bölgesi durumunu ele almak ve daha sonra bölge dışına kabaca düzgün şekilde dağılmış olan başka yıldızları eklemek olduğunu biliyoruz. Sonlu bir yıldız topluluğu birlikte düşecektir ve Newton'un yasasına göre, bölge dışından daha fazla yıldız eklemek çöküşü durdurmayacaktır. Böylece bir sonsuz yıldız topluluğu hareketsiz bir durumda duramaz. Belli bir zamanda, birbirlerine göre hareket etmiyorlarsa, aralarındaki çekim birbirlerine doğru düşmeye başlamalarına yol açа-

caktır. Alternatif olarak birbirlerinden uzaklaşıyor olabilirler, kütleçekim de geri çekilme hızını yavaşlatıyor olabilir.

Durağan ve değişmeyen evren fikriyle ilgili bu zorluklara karşın, on yedinci, on sekizinci, on dokuzuncu yüzyıllarda veya yirminci yüzyıl başlarında hiç kimse evrenin zamanla evrim geçiriyor olabileceğini ileri sürmedi. Hem Newton hem de Einstein, her ikisi de, evrenin ya büzülüyor ya da genişliyor olduğunu söyleme şansını kaçırdılar. Bu konu Newton'a karşı kullanılamaz, çünkü o evrenin genişlemesinin gözlemsel keşfinden iki yüz elli yıl önce yaşadı. Fakat Einstein daha iyisini bilmeliydi. Onun 1915 yılında formüle ettiği genel görelilik kuramı evrenin genişlemekte olduğu çıkarımında bulunuyordu. Fakat Einstein durağan evrenden o kadar emindi ki, kuramına onu Newton'un teorisiyle uyuşturmak ve kütleçekimi dengelemek üzere bir sabit ekledi.

1929 yılında Edwin Hubble tarafından evrenin genişlediğinin keşfi, onun kökeni konusundaki tartışmayı tamamen değiştirdi. Eğer galaksilerin şimdiki konumlarını alır ve zaman içinde geriye doğru çalıştırırsanız, on ile yirmi milyar yıl arasında bir süre önce bir an birbirlerinin tepesinde olmuş olmaları gerektiği anlaşılır. Bu zamanda, Büyük Patlama denen bir tekillikte, evrenin yoğunluğu ve uzayzamanın eğriliği sonsuz olmalıydı. Böyle koşullarda bilimin bilinen tüm yasaları çökerdi. Bu bilim için bir felakettir. Bu yalnızca bilimin evrenin nasıl başladığı konusunda öngörüde bulunamayacağı anlamına gelirdi. Bilimin tüm söyleyebileceği "evren o zaman öyle olduğu için şimdi bugün olduğu gibidir" olurdu. Fakat bilim Büyük Patlamadan hemen sonraki durumun neden öyle olduğunu açıklayamazdı.

Çok doğal olarak, pek çok bilim insanı bu durumdan huzursuzdu. Bu nedenle bir Büyük Patlama tekilliği ve bu yüzden zamanın bir başlangıcı olmuş olması gerektiği sonucunu önleme doğrultusunda pek çok girişim oldu. Biri değişmez durum teorisi denen şeydi. Burada fikir, galaksiler birbirlerinden uzaklaştıkça, aradaki yerlerde sürekli olarak yaratılmakta olan maddeden yeni galaksilerin oluşacağıydı. Evren bugünküyle az çok aynı durumda var olmuştu ve sonsuz şekilde var olmaya devam edecekti.

Evrenin genişlemeye devam etmesi ve yeni maddenin yaratılması için, değişmez durum modeli genel görelilik kuramında bir değişiklik gerektiriyordu, fakat gerekli olan yaratılış hızı çok düşüktü; yılda bir kilometre küpte bir parçacık kadardı, bu da gözlemle çelişmeyecekti. Teori aynı zamanda galaksiler ve benzer maddelerin ortalama yoğunluğunun hem uzayda hem zamanda değişmez olması gerektiği çıkarımında bulunuyordu. Ancak Martin Ryle ve Cambridge'teki ekibi tarafından, galaksimiz dışındaki radyo dalgalarının kaynakları üzerinde yapılan bir araştırma, güçlü kaynaklardan çok daha fazla sayıda zayıf kaynak bulunduğunu gösterdi. Zayıf kaynakların daha uzaktakiler olması bekleniyordu. Bu da iki olasılığı ortaya koyuyordu: Ya evrenin yeğin kuvvetlerin ortalamadan daha az sık olduğu bir bölgesindeydik ya da geçmişte, ışığın bize doğru gelmek üzere daha uzak kaynakları terk ettiği zaman, kaynakların yoğunluğu daha yüksekti. Bu olasılıkların hiçbiri değişmez durum teorisinin radyo kaynakların yoğunluğunun uzay ve zamanda değişmez olması gerektiği şeklindeki çıkarımıyla uyumlu değildi. Bu teoriye en son darbe 1964 yılında Arno Penzias ve Robert Wilson tarafından galaksimizin çok ötesinden gelen mikrodalga ardalanı ışımasının keşfedilmesiydi. Bu ışınım sıcak bir cismin yaydığı ışınımın karakteristik tayfına sahipti. Aslında bu durumda *sıcak* terimi pek uygun değildir, çünkü sıcaklık yalnızca mutlak sıfırın 2,7 derece yukarısındaydı. Evren soğuk karanlık bir yerdir! Değişmez durum teorisinde böyle bir tayfa sahip mikrodalgalar yaratacak akla uygun bir mekanizma yoktu. Bu nedenle bu teorinin bırakılması gerekmiştir.

Büyük Patlama tekilliğini önleyecek bir başka fikir 1963 yılında iki Rus bilim insanı Evgenii Lifshitz ve Isaac Khalatnikov tarafından önerilmiştir. Onlar ancak galaksilerin doğrudan birbirlerine doğru veya birbirlerinden uzağa hareket ediyor olmaları durumunda bir sonsuz yoğunluk durumunun olabileceğini söylediler; ancak o zaman hepsi geçmişte tek bir noktada birleşmiş olabilirlerdi. Ancak galaksilerin de bazı küçük yan hızları olmuş olmalıydı ve bu evrenin galaksilerin birbirlerine çok yaklaşmış, fakat bir şekilde çarpışmayı önle-

meyi başarmış oldukları daha önceki bir büzülme aşamasının var olmasını mümkün kılmış olabilirdi. Daha sonra evren, bir sonsuz yoğunluk durumundan geçmeden, yeniden genişlemiş olabilirdi.

Lifshitz ve Khalatnikov önerilerini belirttiklerinde ben doktora tezini tamamlamak için bir problem arayan bir araştırma öğrencisiydim. Bir Büyük Patlama tekilliği olup olmadığı sorununa ilgi duyuyordum, çünkü bu evrenin kökeninin anlaşılması için can alıcı bir şeydi. Roger Penrose'la birlikte, bu ve benzer problemleri ele almak üzere, yeni bir matematik teknikleri dizisi geliştirdim. Biz, eğer genel görelilik kuramı doğruysa, herhangi bir akla uygun evren modelinin bir tekillikle başlaması gerektiğini gösterdik. Bu, bilimin evrenin bir başlangıca sahip olmuş olması gerektiği konusunda öngörüde bulunabileceği, fakat evrenin nasıl başlaması *gerektiği* konusunda öngörüde bulunamayacağı anlamına gelecekti; bunun için Tanrı'ya başvurmak gerekecekti.

Tekillikler üzerindeki fikir ikliminde gerçekleşen değişikliği izlemek ilginç olmuştur. Ben yüksek lisans öğrencisiyken, hemen hemen hiç kimse onları ciddiye almıyordu. Şimdi, tekillik teoremlerinin sonucu olarak, hemen hemen herkes evrenin, kendisinde fizik yasalarının işlemez hale geldiği bir tekillikle başladığına inanıyor. Ancak şimdi ben, bir tekillik olmasına karşın, fizik yasalarının yine de evrenin nasıl başladığını belirleyebileceğini düşünüyorum.

Genel görelilik kuramı klasik teori denen bir teoridir. Yani, parçacıkların kesin olarak tanımlanmış konum ve hızlara sahip olmadıklarını, kuantum mekaniğinin hem konum hem hızı aynı anda ölçmemize olanak vermeyen belirsizlik ilkesi tarafından, küçük bir bölgede belirsiz lekeler gibi dağılımlı hale getirildiklerini dikkate almaz. Bu normal durumlarda önemli değildir, çünkü uzayzamanın eğriliğinin yarıçapı, bir parçacığın konumundaki belirsizliğe kıyasla, çok büyüktür. Ancak tekillik teoremleri, uzayzamanın, evrenin şimdiki genişleme aşamasının başlangıcında küçük bir eğrilik yarıçapına sahip olarak, büyük ölçüde yamulmuş olacağını gösterirler. Bu durumda belirsizlik ilkesi çok önemli olacaktır.

Böylece genel görelilik, tekillikler hakkında öngörüde bulunarak kendi çöküşünü getirir. Evrenin başlangıcını tartışmak için genel göreliliği kuantum mekaniğiyle birleştiren bir teoriye ihtiyacımız var.

Bu teori kuantum kütleçekimidir. Henüz kuantum kütleçekimin doğru teorisinin alacağı tam şekli bilmiyoruz. Halihazırda sahip olduğumuz en iyi aday süpersicim teorisidir, fakat hâlâ çözümlenmemiş bazı güçlükler vardır. Ancak ayakta kalabilecek herhangi bir teoride belli özelliklerin olması beklenebilir. Biri Einstein'ın kütleçekim etkilerinin, içindeki madde ve enerji tarafından eğrilmiş veya yamulmuş –çarpılmış– bir uzayzamanla temsil edilebileceği fikridir. Bu eğri uzayda cisimler düz bir çizgiye en yakın şeyi izlemeye çalışırlar. Ancak uzay eğrilmiş olduğu için, yolları sanki bir kütleçekim alanı tarafından bükülmüş gibi görünür.

En temel teoride bulunmasını beklediğimiz bir başka unsur Richard Feynman'ın kuantum teorisinin bir "geçmişlerin toplamı" olarak formüle edilebileceği önerisidir. En basit şekliyle fikir, her parçacığın uzayzamanda mümkün olan her yola ya da geçmişe sahip olduğudur. Her yol ya da geçmişin, şekline bağlı olan bir olasılığı vardır. Bu fikrin uygulanması için, içinde yaşadığımızı kavradığımız gerçek zaman yerine, sanal zamanda geçmişlerin ele alınması gerekir. Sanal zaman sanki bilimkurgu kavramı gibi gelebilir, fakat bu iyi tanımlanmış matematiksel bir kavramdır. Bir anlamda gerçek zamana dik açılı bir zaman yönü gibi düşünülebilir. Belirli zamanlarda belirli noktalardan geçmek gibi belirli özellikleri olan tüm parçacık geçmişlerinin olasılıkları eklenir. Daha sonra, bundan yararlanılarak içinde yaşadığımız gerçek uzayzamana uygun sonucun çıkarılması gerekir. Bu kuantum teorisine en çok bilinen yaklaşım değildir, fakat diğer yöntemlerle aynı sonucu verir.

Kuantum kütleçekiminde, Feynman'ın geçmişlerin toplamı fikri, evren için farklı mümkün geçmişler, yani farklı eğrilmiş uzayzamanlar üzerinden toplam almayı gerektirir. Bunlar evrenin ve onun içindeki her şeyin geçmişini temsil ederler. Geçmişlerin toplamına hangi sınıftan mümkün eğri uzayların

dahil edilmesi gerektiğinin belirlenmesi gerekir. Bu uzaylar sınıfının seçimi evrenin ne durumda olduğunu belirler. Eğer evrenin durumunu tanımlayan eğri uzaylar sınıfında tekillikleri olan uzaylar bulunursa, bu tür uzayların olasılıkları teori tarafından belirlenmeyecektir. Onun yerine olasılıkların isteğe bağlı bir şekilde atanması gerekecektir. Bunun anlamı bilimin uzayzamanın bu tür tekil geçmişlerinin olasılıkları konusunda öngörüde bulunamayacağıdır. Böylece bilim evrenin nasıl davranması gerektiği konusunda öngörüde bulunamayacaktır. Ancak evrenin yalnızca tekil olmayan eğri uzayları taşıyan bir toplamla tanımlanmış bir durumda olması mümkündür. Bu durumda bilimin yasaları evreni tam olarak belirler, nasıl başladığını belirlemek üzere onun dışında bir güce başvurmak zorunlu olmaz. Evrenin durumunun yalnızca tekil olmayan geçmişlerin bir toplamıyla belirlenmiş olduğu önermesi, bir bakıma, elektrik direğinin altında anahtarını arayan sarhoşun durumuna benzer; o kaybettiği yer olmayabilir, fakat bulabileceği tek yerdir. Benzer şekilde, evren tekil olmayan geçmişlerin bir toplamının tanımladığı bir durumda olmayabilir, fakat bu, bilimin evrenin nasıl olması gerektiği konusunda öngörüde bulunabileceği tek yerdir.

1983 yılında Jim Hartle ve ben evrenin durumunun belirli bir sınıf geçmişler üzerinden alınan bir toplamla bulunacağını ileri sürdük. Bu sınıf sonlu büyüklükte, fakat sınırları veya kenarları bulunmayan, tekillikleri olmayan eğri uzaylardan oluşacaktı. Bu uzaylar yeryüzünün yüzeyi gibi olacaktı, fakat iki adet daha boyutu bulunacaktı. Yeryüzünün yüzeyi sonlu bir alana sahiptir, fakat herhangi bir tekilliğe, sınıra veya kenara sahip değildir. Ben bunu bir deneyle test ettim, Dünya'nın etrafında dolaştım, düşmedim.

Hartle ve benim yaptığım öneri şöyle ifade edilebilir: Evrenin sınır koşulu, sınırı olmamasıdır. Ancak evren bu sınırı olmayan durumda olursa, bilimin yasaları, kendi başlarına, mümkün her geçmişin olasılığını belirleyebilirler. Böylece ancak bu durumda, bilinen yasalar evrenin nasıl davranması gerektiğini belirler. Eğer evren herhangi bir başka durumda olursa, geçmişlerin toplamında eğri uzaylar sınıfı tekillikleri

olan uzayları kapsayacaktır. Bu tür tekil geçmişlerin olasılıklarını belirlemek için, bilimin bilinen yasaları dışında bir ilkenin harekete geçirilmesi gerekecektir. Bu ilke evrenimizin dışında bir şey olurdu. Onu evrenimizin içinden çıkarsayamayız. Diğer taraftan, eğer evren sınırı olmayan durumdaysa, ilke olarak, belirsizlik ilkesinin sınırları içinde, evrenin nasıl davranması gerektiğini tamamen belirleyebiliriz.

Eğer evren sınırı olmayan durumdaysa bu kuşkusuz bilim için iyi olur, fakat öyle olup olmadığını nasıl anlayabiliriz? Bunun yanıtı, sınırsızlık önermesinin evrenin nasıl davranması gerektiği konusunda belirli öngörülerde bulunduğudur. Eğer bu öngörüler gözlemlerle uyuşmayacak olurlarsa, evrenin sınırsızlık durumda olmadığı sonucuna varabiliriz. Böylece sınırsızlık önermesi, filozof Karl Popper tarafından tanımlandığı anlamda iyi bir bilimsel teoridir: Gözlemle yanlış olduğu kanıtlanabilir veya yanlışlanabilir. Eğer gözlemler öngörülerle uyuşmazsa, mümkün geçmişler sınıfında tekillikler olması gerektiğini bileceğiz. Fakat bu hemen hemen bileceğimiz tek şey olur. Tekil geçmişlerin olasılıklarını hesaplayamayız; böylece evrenin nasıl davranması gerektiği konusunda öngörüde bulunamayız. Eğer bu yalnızca Büyük Patlamada olsaydı bu öngörülemezliğin o kadar önemli olmadığı düşünülebilirdi, ne de olsa bu on veya yirmi milyar yıl önceydi. Fakat eğer öngörülebilirlik Büyük Patlamadaki çok büyük kütleçekim alanlarında bozulursa, bir yıldız çöktüğünde de bozulabilir. Bu yalnızca bizim galaksimizde haftada birkaç kere olabilir. O zaman öngörü gücümüz hava tahminleri standartlarına göre bile zayıf olur.

Kuşkusuz uzak bir yıldızla ilgili öngörülebilirliğin bozulmasına aldırış edilmesi gerekmediği söylenebilir. Ancak kuantum teorisinde gerçekte yasaklanmayan herhangi bir şey olabilir ve olacaktır. Böylece eğer mümkün geçmişler sınıfı tekillikleri olan uzayları kapsarsa, bu tekillikler yalnızca Büyük Patlamada ve çöken yıldızlarda değil, herhangi bir yerde olabilir. Bu da bizim herhangi bir öngörüde bulunamayacağımız anlamına gelirdi. Bunun tersi olarak, bizim olayları öngörebiliyor olmamız, tekilliklere karşı ve sınırsızlık önermesini destekleyen deneysel kanıttır.

O halde sınırsızlık önermesi evren hakkında hangi öngörüde bulunuyor? Belirtilecek ilk nokta, evren için tüm mümkün geçmişler boyutta sonlu olduklarından, zamanı ölçmek için kullanılacak herhangi bir niceliğin en büyük ve en küçük bir değeri olması gerektiğidir. Böylece evrenin bir başlangıcı ve sonu olacaktır. Gerçek zamanda başlangıç Büyük Patlama tekilliği olacaktır. Ancak sanal zamanda başlangıç bir tekillik olmayacaktır. Onun yerine, biraz yeryüzünün kuzey kutbu gibi olacaktır. Eğer yeryüzünün yüzeyindeki enlem dereceleri zamanın benzeri olarak alınırsa, yeryüzünün yüzeyinin kuzey kutbunda başladığı söylenebilir. Yine de kuzey kutbu yeryüzünde tam olarak sıradan bir noktadır. Onunla ilgili özel bir şey yoktur ve kuzey kutbunda yeryüzündeki diğer yerlerle aynı yasalar geçerlidir. Benzer şekilde, "sanal zamanda evrenin başlangıcı" olarak etiketlemeyi seçtiğimiz olay, herhangi bir başkasına çok benzer şekilde, uzayzamanın sıradan bir noktası olacaktır. Bilimin yasaları başka yerlerde olduğu gibi başlangıçta da geçerli olacaktır.

Yeryüzünün yüzeyiyle benzetmeden yola çıkarak, evrenin sonunun, tıpkı kuzey kutbunun güney kutbuna çok benzemesi gibi, başlangıca benzer olması beklenebilir. Ancak kuzey ve güney kutuplar yaşadığımız gerçek zamanda değil, sanal zamanda evrenin geçmişinin başlangıç ve sonuna karşılık gelirler. Eğer sanal zamanda geçmişlerin toplamının sonuçlarından gerçek zamana doğru çıkarsama yapılırsa, evrenin gerçek zamandaki başlangıcının sonundan çok farklı olabileceği bulunur.

Jonathan Halliwell ve ben sınırsızlık koşulunun ne anlama geleceği konusunda yaklaşık bir hesaplama yaptık. Evreni üzerinde küçük yoğunluk karışıklıklarının olduğu mükemmel olarak düzgün ve tek biçimli bir ardalan olarak ele aldık. Gerçek zamanda evren genişlemesine çok küçük bir yarıçapla başlamış görünecektir. Başlangıçta genişleme, şişme denilen şekilde olacaktır. Yani tıpkı bazı ülkelerde fiyatların her yıl iki katına çıkması gibi, saniyenin her küçük kesrinde evren büyüklüğünü iki katına çıkaracaktır. Ekonomik enflasyonda dünyada rekor, muhtemelen, Birinci Dünya Savaşı'ndan sonra bir

somun ekmeğin fiyatının birkaç ay içinde bir markın altında bir değerden milyonlarca marka yükselmiş olduğu Almanya'nındır. Fakat bu evrenin ilk zamanlarında olmuş olduğu anlaşılan şişmeyle kıyaslanabilecek bir şey değildir: O zaman saniyenin küçük bir kesrinde en az milyon milyon milyon milyon milyon defa büyüme söz konusudur. Kuşkusuz bu şimdiki hükümetten önceydi.

Şişme büyük bir ölçekte düzgün ve tek biçimli olan ve yeniden çökmeyi önlemek için tam kritik hızda genişlemekte olan bir evren yaratmış olduğu için iyi bir şeydi. Şişme aynı zamanda evrenin tüm içeriğini, sözcüğün tam anlamına yakın bir şekilde, hiçbir şeyden yaratmış olduğu için de iyi bir şeydi. Evren kuzey kutbu gibi tek bir noktayken içinde hiçbir şey yoktu. Ama şimdi evrenin gözlemleyebildiğimiz kısmında en az on üzeri seksen parçacık bulunuyor. Tüm bu parçacıklar nereden geldiler? Bunun yanıtı görelilik ve kuantum mekaniğinin maddenin parçacık/karşı-parçacık çiftleri şeklinde enerjiden yaratılmasına olanak vermesidir. Peki bu maddeyi yaratmak için enerji nereden geldi? Bunun yanıtı onun evrenin kütleçekim enerjisinden ödünç alınmış olduğudur. Evrenin maddenin pozitif enerjisini tam olarak dengeleyen muazzam bir negatif kütleçekim enerjisi borcu vardır. Şişme döneminde evren, daha fazla madde yaratılmasını finanse etmek üzere, kütleçekim enerjisinden yüklü miktarda borç almıştır. Sonuç Keynesci ekonominin bir zaferi olmuştur: Maddi cisimlerle dolu, kuvvetli ve genişleyen bir evren. Kütleçekim enerjisi borcunun evrenin sonuna kadar ödenmesi gerekmeyecektir.

Evren ilk zamanlarında tamamen homojen ve düzgün olmuş olamazdı, çünkü bu kuantum mekaniğinin belirsizlik ilkesini ihlal ederdi. Onun yerine düzgün yoğunluktan ayrılmalar olmuş olmalıdır. Sınırsızlık önermesi, bu yoğunluk farklılıklarının en alt durumlarında başlayacağı, yani belirsizlik ilkesine uygun olarak mümkün olduğu kadar küçük olacakları anlamına gelir. Ancak şişmeyle genişleme sırasında farklılıklar büyür. Şişerek genişleme dönemi bittikten sonra bazı yerlerinde, diğerlerine göre biraz daha hızlı genişleyen bir evren kalır. Daha yavaş genişleme bölgelerinde maddenin kütleçekimi ge-

nişlemeyi daha da yavaşlatacaktır. Sonunda bölge genişlemeyi durdurarak, galaksileri ve yıldızları oluşturmak üzere büzülecektir. Böylece sınırsızlık önermesi çevremizde gördüğümüz tüm karmaşık yapıyı açıklayabilir. Ancak o evren konusunda yalnızca tek bir öngörüde bulunmaz. Onun yerine her birinin kendi olasılığı olan tüm bir mümkün geçmişler ailesi şeklinde öngörüde bulunur. Olasılık düşük olsa da, Britanya'da son seçimi İşçi Partisi'nin kazandığı mümkün bir geçmiş olabilirdi.

Sınırsızlık önermesi evrenin işlerinde Tanrı'nın rolü konusunda köklü sonuçlara sahiptir. Şimdi genellikle evrenin iyi tanımlanmış yasalara göre evrimleştiği kabul edilmektedir. Bu yasalar Tanrı tarafından düzenlenmiş olabilir. Fakat göründüğü kadarıyla o yasaları bozmak üzere evrene müdahalede bulunmuyor. Ancak son zamanlara kadar, bu yasaların evrenin başlangıcına uygulanamayacağı düşünülüyordu. Saati kurmak ve evrenin istediği herhangi bir yolda gitmesini sağlamak Tanrı'ya kalmış olacaktı. Böylece evrenin şimdiki durumu Tanrı'nın ilk koşulları seçiminin sonucu olacaktı.

Ama sınırsızlık önermesi gibi bir şey doğru olursa, durum farklı olur. O durumda, fizik yasaları evrenin başlangıcında bile geçerlidir, bu yüzden Tanrı ilk koşulları seçme özgürlüğüne sahip olmaz. Kuşkusuz o hâlâ evrenin uyduğu yasaları seçmede özgür olur. Fakat bu pek bir seçim olmayabilir. Yalnızca kendi içinde tutarlı ve "Tanrı'nın doğası nedir?" gibi sorular sorabilen bizler gibi karmaşık yaratıklara yol gösteren az sayıda yasa olabilir.

Ve eğer yalnızca tek bir eşi olmayan mümkün yasalar kümesi varsa bile bu yalnızca bir dizi denklemdir. Denklemlere ateş veren ve onlara yönetecek bir evren veren nedir? En temel birleşik teori kendi varlığının nedeni olacak kadar karışık mıdır? Bilim evrenin nasıl başladığı problemini çözebilirse de, "evren neden var olmak zorunda?" sorusuna yanıt veremez. Ben bunun yanıtını bilmiyorum.

10

KARA DELİKLERİN KUANTUM MEKANİĞİ[1]

Bu yüzyılın ilk otuz yılında insanın fizik ve gerçekliğin kendisine ilişkin görüşünü köklü olarak değiştiren üç teori ortaya çıktı. Fizikçiler hâlâ bu teorilerin sonuçlarını keşfetmeye ve onları birbirlerine uydurmaya çalışmaktadır. Bu üç teori özel görelilik teorisi (1905), genel görelilik teorisi (1915) ve kuantum mekaniği teorisidir (1926 yılı civarı). Birinci teori büyük ölçüde Albert Einstein'ın işiydi, ikinci teori tam olarak onun işiydi ve üçüncünün gelişiminde büyük rol oynadı. Yine de Einstein şans ve belirsizlik unsuru nedeniyle kuantum mekaniğini hiçbir zaman kabul etmedi. Onun hisleri sık sık aktarılan sözleri "Tanrı zar atmaz" şeklinde özetlenmiştir. Ancak fizikçilerin çoğu özel görelilik ve kuantum mekaniğini kolayca kabul ettiler, çünkü bu teoriler doğrudan gözlemlenebilen etkileri tanımlıyorlardı. Diğer taraftan, genel görelilik, matematiksel olarak fazla karmaşık göründüğü, laboratuvarda test edilemediği ve kuantum mekaniğiyle uyumlu görünmeyen tamamen klasik bir teori olduğu için, geniş ölçüde ihmal edildi. Böylece genel görelilik kuramı yaklaşık elli yıl gölgede kaldı.

---

[1] Ocak 1977'de *Scientific American*'da yayımlanan bir yazı.

1960'ların başlarından başlayarak, astronomik gözlemlerin kapsamının çok büyümesi genel görelilik teorisine karşı ilginin canlanmasına neden oldu; çünkü kuasarlar, pulsarlar ve yoğun x-ışını kaynakları gibi keşfedilmekte olan yeni olguların birçoğunun, çok büyük kütleçekim alanlarının, yalnızca genel görelilik kuramıyla tanımlanabilen alanların varlığını gösterdiği anlaşılıyordu. Kuasarlar tayflarının kırmızılaşmasının gösterdiği kadar uzaktaysalar, tüm galaksilerden defalarca daha parlak olan yıldız benzeri cisimlerdir; pulsarlar son derece yoğun nötron yıldızları olduğuna inanılan süpernova patlamalarının hızla parlayıp sönen kalıntılarıdır; uzay araçlarında taşınan aletlerle ortaya çıkarılmış olan yoğun x-ışını kaynakları da nötron yıldızları olabilirler veya daha da yüksek yoğunluklu kuramsal cisimler, yani kara delikler olabilirler.

Genel göreliliği bu yeni keşfedilen veya varsayımsal cisimlere uygulamaya çalışan fizikçilerin karşılaştığı sorunlardan biri onu kuantum mekaniğiyle uyumlu kılmaktı. Geçen birkaç yıl içinde, tam olarak tutarlı, makroskopik cisimlerin genel göreliliğiyle uyuşan ve diğer kuantum alan teorilerine uzun süre sıkıntı veren matematiksel sonsuzlukları olmayacağı umulan bir kuantum kütleçekim teorisini çok geçmeden bulacağımız umudunu yükselten gelişmeler olmuştur. Bu gelişmelerin, kara delikler ile termodinamiğin yasaları arasında dikkate değer bir bağ kuran, son zamanlarda keşfedilen kara deliklerle ilişkili bazı kuantum etkileriyle ilgisi vardır.

Bir kara deliğin nasıl yaratılabileceğini kısaca anlatayım. Güneş'in kütlesinin on katı kadar kütlesi olan bir yıldız düşünün. Yaklaşık bir milyar yıllık yaşam süresinin çoğunda, yıldız hidrojeni helyuma dönüştürerek merkezinde ısı üretecektir. Açığa çıkan enerji Güneş'in yarıçapının yaklaşık beş katı kadar yarıçapı olan bir cisim oluşmasına yol açarak, yıldızı kendi kütleçekimine karşı desteklemeye yeterli basınç yaratacaktır. Bu tür bir yıldızın yüzeyinden kaçış hızı yaklaşık olarak saniyede bin kilometre olur. Yani yıldızın yüzeyinden saniyede bin kilometreden az bir hızla yukarıya doğru dik olarak ateşlenen bir cisim yıldızın kütleçekim alanı tarafından geri çekilecek ve

yüzeye dönecek, bundan büyük bir hızla yola çıkan bir cisimse sonsuzluğa kaçacaktır.

Yıldız nükleer yakıtını bitirdiğinde, dışa doğru basıncı koruyacak hiçbir şey olmayacak ve yıldız kendi kütleçekimi nedeniyle çökmeye başlayacaktır. Yıldız büzüldükçe yüzeydeki kütleçekim alanı güçlenecek ve kaçış hızı artacaktır. Yarıçap otuz kilometrenin altına inene kadar kaçış hızı saniyede 300.000 kilometreye, ışığın hızına kadar artmış olacaktır. O zamandan sonra yıldızdan yayılan herhangi bir ışık sonsuzluğa kaçamayacak, kütleçekim alanı tarafından çekilecektir. Özel görelilik teorisine göre, hiçbir şey ışıktan hızlı gidemez, bu yüzden eğer ışık kaçıp kurtulamazsa, başka hiçbir şey kaçıp kurtulamaz.

Sonuç bir kara delik olacaktır: kendisinden sonsuzluğa kaçıp kurtulmanın mümkün olmadığı bir uzayzaman bölgesi. Kara deliğin sınırına olay ufku denir. Bu, yıldızdan gelen, sonsuzluğa kaçıp kurtulmayı ucu ucuna kaçıran, $2GM/\sqrt{c}$ büyüklüğündeki Schwarzschild yarıçapında bekler durumda kalan bir ışık dalgası cephesine karşılık gelir. Burada G Newton'un kütleçekim değişmezidir, M yıldızın kütlesidir ve c ışığın hızıdır. Yaklaşık on Güneş kütlesi kadar kütlesi olan bir yıldız için Schwarzschild yarıçapı yaklaşık otuz kilometredir.

Şimdi Cygnus X-I olarak bilinen x-ışını kaynağı gibi çift-yıldızlı sistemlerde yaklaşık bu büyüklükteki kara deliklerin mevcut olduğunu ifade eden oldukça fazla gözlemsel kanıt vardır. Ayrıca evrende dağılmış, yıldızların çökmesiyle değil, içinde evrenin oluşmuş olduğu Büyük Patlamadan kısa süre sonra var olduğuna inanılan sıcak yoğun ortamdaki yüksek derecede sıkışık bölgelerin çöküşüyle oluşturulmuş oldukça fazla sayıda çok daha küçük kara delikler de olabilir. Bu tür "ilksel" kara delikler burada anlatacağım kuantum etkileri açısından çok ilginçtir. Bir milyar ton (bir dağın kütlesi kadar) ağırlığındaki bir kara delik 10^{-13} santimetrelik (bir nötron veya proton büyüklüğünde) bir yarıçapa sahip olur. Ya Güneş etrafında ya da galaksinin merkezi etrafında yörüngede olabilir.

Kara delikler ile termodinamik arasında bir bağlantı olabileceği konusundaki ilk ipucu 1970 yılında olay ufkunun, bir kara deliğin sınırının, yüzey alanının, kara deliğe ek madde

veya ışınım düştüğünde, her zaman artma özelliğine sahip olduğunun matematiksel keşfiyle ortaya çıkmıştır. Ayrıca, eğer iki kara delik çarpışır ve bir tek kara delik oluşturmak üzere kaynaşırlarsa, ortaya çıkan kara deliğin çevresindeki olay ufkunun alanı orijinal kara deliklerin çevrelerindeki olay ufuklarının alanlarının toplamından daha büyüktür. Bu özellikler bir kara deliğin olay ufkunun alanı ile termodinamikteki entropi kavramı arasında bir benzerlik olduğu fikrini verir. Entropi bir sistemin düzensizliğinin veya onun eşdeğeri olan kesin durumu hakkında bilgi eksikliğinin bir ölçüsü olarak düşünülebilir. Termodinamiğin ünlü ikinci yasası entropinin her zaman arttığını söyler.

Kara deliklerin özellikleri ile, termodinamiğin yasaları arasındaki benzerlik Washington Üniversitesi'nden James M. Bardeen, şimdi Meudon Observatory'de olan Brandon Carter ve benim tarafımdan geliştirilmiştir. Termodinamiğin birinci yasası bir sistemin entropisindeki küçük bir değişikliğe sistemin enerjisinde orantılı bir değişikliğin eşlik ettiğini söyler. Orantısallık faktörü sistemin sıcaklığı olarak isimlendirilir. Bardeen, Carter ve ben bir kara deliğin kütlesindeki değişikliğin, olay ufkunun alanındaki bir değişiklikle bağlantısını kuran benzer bir yasa bulduk. Burada orantısallık faktörü yüzey kütleçekimi denen, olay ufkundaki kütleçekim alanının gücünün ölçüsü olan bir nicelikle ilgilidir. Eğer olay ufkunun alanının entropiye benzer olduğu kabul edilirse, yüzey kütleçekimi de sıcaklığa benzer görünür. Benzerlik, tıpkı ısıl dengedeki bir yapıda sıcaklığın her yerde aynı olması gibi, yüzey kütleçekiminin olay ufkunda her noktada aynı olduğunun ortaya çıkmasıyla güçlenir.

Entropi ile olay ufkunun alanı arasında açıkça bir benzerlik varsa da, bu alanın nasıl kara deliğin entropisi olarak tanımlanacağı bizim için açık değildi. Bir kara deliğin entropisiyle ne kastedilecekti? Can alıcı önerme, 1972 yılında, o zamanlar Princeton Üniversitesi'nde yüksek lisans öğrencisi olan ve şimdi İsrail'de Negev Üniversitesi'nde olan Jacob D. Bekenstein tarafından yapılmıştı. Önerme şöyledir: Bir kara delik kütleçekim çökmesiyle yaratıldığında, hızla, yalnızca üç

parametreyle –kütle, açısal moment ve elektrik yükü özellikleriyle– tanımlanan durağan bir duruma geçer. Kara delik, bu özellikler dışında, çökmüş olan cismin başka bir ayrıntısını taşımaz. "Bir kara deliğin saçı yoktur" teoremi olarak bilinen bu sonuç Carter, Alberta Üniversitesi'nden Werner Israel, Londra King's College'dan David C. Robinson ve benim ortak çalışmamızla kanıtlanmıştır.

Saçı yok teoremi kütleçekimsel bir çökmede çok miktarda bilgi kaybı olduğu anlamına gelir.* Örneğin en son kara delik durumu çöken cismin madde veya karşı-maddeden oluşmuş olmasından ve küresel veya yüksek derecede düzensiz şekilli olmasından bağımsızdır. Bir başka deyişle, belli bir kütlede, açısal momentumda ve elektrik yükteki bir kara delik, maddenin çok sayıda farklı düzenlenişlerinin herhangi birinin çöküşüyle oluşmuş olabilir. Aslında, eğer kuantum etkileri ihmal edilirse, kara delik son derece düşük kütlede sayısız parçacıktan oluşmuş bir bulutun çökmesiyle oluşmuş olabileceği için, düzenleniş biçimi sayısı sonsuz olur.

Ancak kuantum mekaniğinin belirsizlik ilkesi m kütlesinde bir parçacığın h/mc dalga boyunda bir dalga gibi davranacağını belirtir. Burada h Planck değişmezidir ($6{,}62 \times 10^{-27}$ erg-saniyelik küçük bir sayı), c ise ışığın hızıdır. Bir parçacık bulutunun bir kara delik oluşturmak üzere çökebilmesi için bu dalga boyunun oluşacak kara deliğin büyüklüğünden daha küçük olmasının gerektiği görülür. Bu nedenle, belirli bir kütle, açısal momentum ve elektrik yükünde bir kara delik oluşturabilecek düzenlenişlerin sayısının, çok büyük olsa da, sonlu olabileceği anlaşılır. Bekenstein bu sayının logaritmasının kara deliğin entropisi olarak yorumlanabileceğini önermiştir. Sayının logaritması bir kara delik yaratıldığında çökme sıra-

* Hawking'in bu tezine başta John Preskill olmak üzere birçok fizikçi karşı çıkmış ve Nobel ödüllü Gerard 't Hooft ile Leonard Susskind Hawking'in çözümünün yanlış olduğunu duyurmuşlardır. Susskind 2008'de bu konuda *The Black Hole War* [*Kara Delik Savaşı*] isimli popüler bir kitap yayımlamıştır. Günümüzde Hawking kendisinin hatalı olduğunu ve bir cisim kara deliğe düştüğünde bilginin kaybolmadığını kabul eder (*bkz. Çoklu Evrenler*, J. Gribbin, Alfa Bilim dizisi, 2012) –yn.

sında olay ufkundan geri alınamaz şekilde kaybolan bilgi miktarının bir ölçüsü olacaktır.

Göründüğü kadarıyla Bekenstein'ın önerisindeki ölümcül kusur, eğer bir kara delik olay ufkunun yüzeyiyle orantılı olan sonlu bir entropiye sahip olursa, yüzey kütleçekimiyle orantılı olacak bir sonlu sıcaklığa da sahip olmasının gerekmesiydi. Bu da kara deliğin sıfırdan farklı bir sıcaklıkta ısıl ışınımla dengede olabileceği anlamına gelirdi. Ama klasik kavramlara göre böyle bir denge mümkün değildir; çünkü kara delik üzerine düşen herhangi bir ısıl ışınımı soğuracak, fakat tanımı gereği karşılık olarak herhangi bir şey yayamayacaktır.

Bu paradoks, 1974 başlarında, kara deliğin yakınındaki maddenin davranışının kuantum mekaniğine göre nasıl olacağını araştırmakta olduğum zamana kadar öyle kaldı. Çok şaşırmıştım, ama kara delik değişmeyen bir hızla parçacık yayar görünüyordu. O zamanlar herkes gibi ben de kara deliklerin bir şey yayamayacağı hükmünü kabul ediyordum. Bu nedenle bu utanç verici etkiden kurtulmaya çok uğraştım. O gitmeyi reddetti ve sonunda onu kabul etmek zorunda kaldım. Sonunda beni bunun gerçek bir fiziksel süreç olduğu konusunda ikna eden şey, dışa giden parçacıkların kesinlikle ısıl bir tayfa sahip olmaları oldu; kara delik tıpkı yüzey kütleçekimiyle orantılı ve kütleyle ters orantılı bir sıcaklıkta sıradan bir sıcak cisim gibi, parçacık yaratıp yayar. Bu, Bekenstein'ın kara deliğin sonlu bir entropiye sahip olduğu tezini tam olarak tutarlı kıldı; çünkü bu, bir kara deliğin sıfırdan farklı sonlu bir sıcaklıkta ısıl dengede olabileceği anlamına geliyordu.

O zamandan beri, kara deliklerin ısıl ışıma yapabileceklerinin matematiksel kanıtı çeşitli farklı yaklaşımlardaki başka bazı kişiler tarafından da doğrulanmıştır. Parçacık yayma durumunun anlaşılmasının bir yolu şimdi anlatacağım şekildedir. Kuantum mekaniği uzayın tamamının sürekli olarak çiftler halinde maddeleşen, ayrılan ve tekrar biraraya gelen ve birbirlerini yok eden "sanal" parçacık ve karşı-parçacık çiftleriyle dolu olduğunu söyler. Bu parçacıklara sanal denir, çünkü "gerçek" parçacıkların tersine, doğrudan bir parçacık dedektörüyle gözlemlenemezler. Yine de dolaylı etkileri ölçülebilir ve

varlıkları uyarılmış hidrojen atomlarından yayılan ışığın tayfında yarattıkları küçük bir kaymayla ("Lamb kayması") doğrulanmıştır. Şimdi, bir kara deliğin varlığında, bir çift sanal parçacığın bir üyesi kara deliğe düşüp diğer üyeyi birbirlerini yok edecekleri bir ortağı kalmamış durumda bırakabilir. Terk edilmiş parçacık veya karşı-parçacık, ortağının ardından, kara deliğe düşebilir; fakat sonsuzluğa kaçıp kurtulma olasılığı da vardır, o zaman orada kara deliğin çıkardığı ışınım olarak görünür.

Bu sürece bakmanın bir diğer yolu, parçacık çiftinin kara deliğe düşen üyesini –diyelim ki karşı-parçacığı– gerçekte zaman içinde geri doğru yol alan bir parçacık gibi düşünmektir. Böylece kara deliğe düşen karşı-parçacık kara delikten çıkan, fakat zaman içinde geriye doğru yol alan bir parçacık olarak düşünülebilir. Parçacık, parçacık/karşı-parçacık çiftinin başlangıçta maddeleşmiş olduğu noktaya ulaşınca, kütleçekim alanından saçılır ve böylece zaman içinde ileriye doğru yol alır.

Bu yüzden, kuantum mekaniği bir parçacığın kara deliğin içinden kaçıp kurtulmasına olanak vermiştir, bu klasik mekanikte izin verilmeyen bir şeydir. Ancak atomik ve nükleer fizikte, parçacıkların klasik ilkelerle delip geçememeleri gereken, fakat kuantum mekaniği ilkeleriyle tünel açıp geçebilmelerinin mümkün olduğu bir tür engelin bulunduğu pek çok başka durum vardır.

Bir kara deliğin etrafındaki bariyerin kalınlığı kara deliğin büyüklüğüyle orantılıdır. Bu, Cygnus X-I'da var olduğu varsayılan büyük bir kara delikten çok az parçacığın kaçıp kurtulabileceği, fakat daha küçük kara deliklerden parçacıkların çok hızlı sızıp çıkabileceği anlamına gelir. Ayrıntılı hesaplamalar yayılan parçacıkların kara deliğin kütlesi azaldıkça hızla artan bir sıcaklığa karşılık gelen bir ısıl tayfa sahip olduklarını göstermektedir. Güneş'inki kadar kütlesi olan bir kara delik için, sıcaklık yalnızca mutlak sıfırın üzerinde yaklaşık bir derecenin on milyonda biri kadardır. Bu sıcaklıkta bir kara delikten çıkan ısıl ışınım evrendeki genel ışınım ardalanıyla tamamen süpürülür. Diğer taraftan, yalnızca bir milyar ton kütleli bir kara delik –yani kabaca bir proton büyüklüğünde, ilksel bir

kara delik– 120 milyar derece kadar bir sıcaklığa sahip olurdu. Bu sıcaklık da 10 milyon elektron volt kadar bir enerjiye karşılık gelir. Böyle bir sıcaklıkta, bir kara delik, elektron-pozitron çiftleri ve fotonlar, nötrinolar ve gravitonlar (kütleçekim enerjisinin varsayılan taşıyıcıları) gibi sıfır kütleli parçacıklar yaratabilecektir. İlksel kara delik altı büyük nükleer enerji istasyonunun çıktısına eşdeğer 6000 megawatt hızla enerji yayardı.

Bir kara delik, parçacık yayarken kütlesi ve büyüklüğü düzenli olarak azalır. Bu daha fazla parçacığın dışarıya tünel açmasını kolaylaştırır ve böylece ışıma, kara delik kendisini varlık durumu dışına çıkaran bir ışıma yapana kadar, artan hızla devam eder. Uzun vadede evrendeki her kara delik bu şekilde buharlaşacaktır. Ancak büyük kara delikler için bunun alacağı zaman aslında çok uzundur: Güneş'inki kadar kütlesi olan bir kara delik yaklaşık 10^{66} yıl yaşayacaktır. Diğer taraftan bir ilksel kara delik, bildiğimiz şekliyle evrenin başlangıcı olan Büyük Patlamadan beri geçen on milyar yıl içinde hemen hemen tamamen buharlaşmış olmalıdır. Bu tür kara delikler şimdi yaklaşık 100 milyon elektron voltluk bir enerjiyle şiddetli gama ışınları yayıyor olmalıdırlar.

O zamanlar California Institute of Technology'de olan Don N. Page ve benim tarafımdan yapılan, SAS-2 uydusunun sağladığı gama ışınımı kozmik ardalanı ölçümlerine dayanan hesaplamalar, evrendeki ilksel kara deliklerin ortalama yoğunluğunun, yaklaşık olarak ışık yılı kübü başına 200'den az olması gerektiğini göstermektedir. Eğer ilksel kara delikler, evrene düzgün olarak dağılmış olmak yerine, galaksilerin "halesinde" –her galaksinin içine yuvalanmış olduğu hızla hareket eden yıldızların ince bulutunda– yoğunlaşmış olsalardı, galaksimizdeki yerel yoğunluk bu rakamdan bir milyon defa daha yüksek olabilirdi. Bu durum yeryüzüne en yakın ilksel kara deliğin, büyük olasılıkla, en azından Pluton gezegeni kadar uzakta olduğu anlamına gelir.

Bir kara deliğin buharlaşmasının en son aşaması o kadar hızlı ilerler ki, muazzam bir patlamayla sona erer. Bu patlamanın ne kadar güçlü olacağı kaç tane farklı temel parçacık türünün mevcut olduğuna bağlı olacaktır. Eğer şimdi yaygın ola-

rak inanıldığı gibi tüm parçacıklar altı farklı kuark türünden meydana geliyorlarsa, son patlama yaklaşık on milyon adet bir megatonluk hidrojen bombasına eşdeğer bir enerjiye sahip olacaktır. Diğer taraftan CERN'den (Avrupa Parçacık Fiziği Laboratuarı) R. Hagedorn tarafından ileri sürülen bir alternatif teoride, gittikçe daha yüksek kütlede sonsuz sayıda temel parçacık olduğu söylenmektedir. Bir kara delik daha küçük ve daha sıcak hale geldikçe, gittikçe daha fazla sayıda farklı türde parçacık yayacak ve belki kuark önermesinde hesaplanmış olandan 100.000 defa daha güçlü bir patlama yaratacaktır. Bu yüzden bir kara delik patlamasının gözlemlenmesi temel parçacıklar fiziği için, başka türlü elde edilemeyen çok önemli bilgiler sağlayacaktır.

Bir kara delik patlaması yüksek enerjili gama ışınlarından kütleli bir boşalma yaratacaktır. Bu ışınlar uydular veya balonlardaki gama ışını dedektörleriyle gözlemlenebilirse de, bir patlamadan önemli miktarda gama ışını fotonunun yolunu kesmek için yeteri kadar şansı olacak büyüklükte bir dedektörü uzaya göndermek zor olacaktır. Bir olanak yörüngede büyük bir gama ışını dedektörü inşa edecek bir uzay mekiği kullanmak olacaktır. Daha kolay ve çok daha ucuz bir alternatif, yeryüzünün üst atmosferinin bir dedektör olarak iş görmesini sağlamaktır. Atmosfere dalan bir yüksek enerjili gama ışını, başlangıçta, atmosferde ışığın ilerleyebileceğinden daha hızlı ilerleyen bir elektron-pozitron çifti sağanağı yaratacaktır. (Işık hava molekülleriyle etkileşim sonucu yavaşlatılmaktadır.) Böylece elektron ve pozitronlar, elektromanyetik alanda, bir tür ses patlaması veya şok dalgası yaratacaklardır. Cherenkov ışınımı denen bu tür bir şok dalgası, yerden, bir görünebilir ışık parlaması olarak tespit edilebilir.

Dublin University College'dan Neil A. Porter ve Trevor C. Weekes tarafından yapılan bir ön deney, eğer kara delikler Hagedorn'un teorisinin öngörüde bulunduğu gibi patlarlarsa, galaksinin bizim bölgesinde, yüzyıl başına, ışık yılı kübünde, ikiden az kara delik patlaması olacağını gösteriyor. Bu, ilksel kara deliklerin yoğunluğunun ışık yılı kübünde 100 milyondan daha az olduğu anlamına gelir. Bu tür gözlemlerin hassaslığını

büyük ölçüde arttırmak mümkün olmalıdır. İlksel kara delikler konusunda herhangi bir pozitif kanıt vermezlerse de, çok değerli olacaklardır. Bu tür kara deliklerin yoğunluğu üzerine düşük bir üst sınır koyulduğunda, gözlemler evrenin ilk zamanlarında çok düzgün olduğunu ve karışık olmadığını gösterecektir.

Büyük Patlama bir kara delik patlamasına benzer, ama çok daha büyük bir ölçektedir. Bu nedenle kara deliklerin nasıl parçacık yarattığının anlaşılmasının, Büyük Patlamanın evrendeki her şeyi nasıl yarattığı konusunda benzer bir anlayışa yol açacağı umulmaktadır. Bir kara delikte madde çöker ve sonsuza kadar kaybolur, fakat onun yerine yeni madde yaratılır. Bu nedenle evrenin, içinde maddenin Büyük Patlamada yeniden yaratılmak üzere çöktüğü, daha önceki bir aşaması olabilir.

Eğer bir kara delik oluşturmak üzere çöken madde net bir elektrik yüküne sahipse, ortaya çıkan kara delik de aynı yükü taşıyacaktır. Bu, kara deliğin sanal parçacık/karşı-parçacık çiftlerinin karşıt yüke sahip olan üyelerini çekme ve benzer yüke sahip olan üyelerini itme eğilimi olacağı anlamına gelir. Bu nedenle, kara delik, tercihen, kendisiyle aynı yüklü parçacıklar yayacaktır ve böylece hızla yükünü kaybedecektir. Benzer şekilde, eğer çöken madde net bir açısal momentuma sahipse, ortaya çıkan kara delik dönüyor olacaktır ve tercihen açısal momentumunu götüren parçacıklar yayacaktır. Bir kara deliğin çöken maddenin elektrik yükünü, açısal momentumu ve kütlesini "anımsamasının" ve başka her şeyi "unutmasının" nedeni bu üç niceliğin uzun-erimli alanlarla bağlantılı olmasıdır. Bunlar, yük için elektromanyetik alan, açısal momentum ve kütle için kütleçekim alanıdır.

Princeton Üniversitesi'nden Robert H. Dicke ve Moskova Devlet Üniversitesi'nden Vladimir Braginsky tarafından yapılan deneyler baryon sayısı olarak tanımlanan kuantum özelliğiyle bağlantılı hiçbir uzun-erimli alan olmadığını göstermiştir. (Baryonlar proton ve nötronu içeren parçacıklar sınıfıdır.) Bu yüzden bir baryonlar topluluğunun çökmesiyle oluşmuş bir kara delik baryon sayısını unutacaktır ve eşit sayıda bar-

yon ve karşı-baryon yayacaktır. Bu nedenle, kara delik ortadan kaybolduğunda, parçacık fiziğinin en çok tutulan yasalarından birini, baryonların korunumu yasasını ihlal edecektir.

Bekenstein'ın kara deliklerin sonlu bir entropiye sahip olduğu önermesi, tutarlı olabilmek için, kara deliklerin ısıl ışınım yapmasını gerektirirse de, başlangıçta, parçacık yaratılışının ayrıntılı kuantum-mekaniksel hesaplamalarının ısıl tayflı bir ışımaya yol açması tam bir mucize gibi görünür. Bunun açıklaması, yayılan parçacıkların, dıştan bir gözlemcinin kütlesi, açısal momentumu ve elektrik yükü dışında hakkında başka bir bilgisi olmadığı bir bölgede, kara delikten tünel açarak çıkmalarıdır. Bu, yayılan, aynı enerji, açısal momentum ve elektrik yüke sahip parçacıkların tüm bileşimleri veya düzenlenişlerinin eşit derecede olası olduğu anlamına gelir. Aslında kara deliğin bir televizyon seti veya on deri ciltte Proust'un eserlerini yayması da mümkündür. Fakat bu egzotik olasılıklara karşılık gelen parçacık düzenlenişi sayısı son derece küçüktür. Büyük farkla düzenlenişlerin en çoğu hemen hemen ısıl bir tayfı olan bir ışımaya karşılık gelmektedir.

Kara deliklerden ışımanın, normal olarak kuantum mekaniğiyle bağlantılı olanın üzerinde ve üstünde ek bir belirsizlik veya öngörülemezlik derecesi vardır. Klasik mekanikte bir parçacığın hem konumunu hem de hızını ölçmenin sonuçları hakkında öngörüde bulunulabilir. Kuantum mekaniğinde, belirsizlik ilkesi bu ölçümlerin yalnızca birinin öngörülebilir olduğunu söyler; gözlemci ya konumun ya da hızın ölçümünün sonucu hakkında öngörüde bulunabilir, fakat her ikisi hakkında değil. Alternatif olarak, bir konum ve hız bileşimini ölçmenin sonucu hakkında öngörüde bulunabilir. Böylece aslında gözlemcinin kesin öngörülerde bulunma yeteneği yarıya inmiştir. Kara deliklerde iş daha da kötüdür. Bir kara delik tarafından yayılan parçacıklar, gözlemcinin hakkında çok sınırlı bilgisi olduğu bir bölgeden geldikleri için, parçacığın konumu veya hızı veya ikisinin herhangi bir bileşimi hakkında belirli bir öngörüde bulunamaz; tüm öngörüde bulunabileceği şey belirli parçacıkların yayılacağı konusundaki olasılıklardır. Bu nedenle Einstein "Tanrı zar atmaz" derken

iki defa yanılmış görünüyor. Kara deliklerden parçacık yayılmasının değerlendirilmesi Tanrı'nın yalnızca zar atmakla kalmayıp, bazen zarları görülemeyecekleri yerlere attığı fikrini uyandırmaktadır.

11

KARA DELİKLER VE BEBEK EVRENLER[1]

Bir kara deliğin içine düşmek bilimkurgunun dehşet unsurlarından biri haline gelmiştir. Aslında, şimdi kara deliklerin gerçekte bilimkurgu yerine, bilimin gerçek olgularının konusu olduğu söylenebilir. Anlatacağım gibi, kara deliklerin var olmaları gerektiği çıkarımına yol açan güçlü nedenler vardır ve gözlemsel kanıtlar kendi galaksimizde bazı kara delikler olduğunu, diğer galaksilerde daha fazlasının bulunduğunu güçlü şekilde göstermektedir.

Kuşkusuz, bilimkurgu yazarlarının gerçekten serbestçe spekülasyon yaptıkları konu, bir kara deliğe düştüğünüzde ne olduğudur. Yaygın bir görüş, eğer kara delik dönüyorsa uzayzamanda küçük bir delikten dışarıya, evrenin bir başka bölgesine düşebileceğinizdir. Açıktır ki bu, uzay yolculuğu için büyük olanaklar getirir. Aslında eğer, diğer galaksileri bırakalım, diğer yıldızlara yolculuk gelecekte pratik bir önerme olacaksa, bunun gibi bir şeye gereksinimimiz vardır. Aksi takdirde, hiçbir şeyin ışıktan hızlı yol alamayacağı gerçeği en yakın yıldıza gidip gelmenin en azından sekiz yıl alacağı anlamına gelir.

[1] Nisan 1988'de Berkeley, California Üniversitesi'nde yapılan Hitchcock konuşması.

Alfa Centauri'de bir hafta sonu için bu kadar! Diğer taraftan, eğer bir kara delikten geçilebilirse, evrende herhangi bir yere yeniden çıkılabilir. Hedefinizi tam nasıl seçeceğiniz açık değildir; Virgo'da bir tatil için yola çıkıp Yengeç Nebulası'na varabilirsiniz.

Geleceğin galaktik turistlerini hayal kırıklığına uğrattığım için üzgünüm, fakat bu senaryo işlemez. Eğer bir kara deliğin içine atlarsanız, parçalara ayrılır ve varlık olmaktan çıkarsınız. Ancak vücudunuzu oluşturan parçacıkların bir başka evrene taşındıklarını düşünmenin bir anlamı vardır. Bir kara delikte spagetti haline getirilmekte olan birine bu parçacıkların hayatta kalabileceklerini bilmek bir teselli olur mu bilmem.

Kullanmış olduğum biraz ciddiyetsiz tona rağmen, bu yazdıklarım ağır bilime dayanmaktadır. Kabul edilişi ancak son zamanlarda olmuşsa da, burada söylediklerimin çoğu konusunda şu an bu alanda çalışmakta olan diğer bilim insanları görüş birliğine varmışlardır. Ancak bu yazının son kısmı, üzerinde henüz genel bir anlayış birliğinin olmadığı çok yeni çalışmalara dayanmaktadır. Fakat bu çalışma büyük ilgi ve heyecan yaratmaktadır.

Şimdi kara delik olarak isimlendirdiğimiz kavramın geçmişi iki yüz yıldan fazlasına dayansa da, *kara delik* adı ancak 1967 yılında Amerikalı fizikçi John Wheeler tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Bu bir dâhi vuruşuydu. Bu isim kara deliklerin bilimkurgu mitolojisine girmesini sağlamıştır. Bu aynı zamanda daha önceleri tatmin edici bir adı olmayan bir şeye belirli bir isim sağlayarak bilimsel araştırmayı da geliştirmiştir. Bilimde iyi bir adın önemi küçümsenmemelidir.

Bildiğim kadarıyla, kara delikleri tartışan ilk kişi 1783 yılında onlar hakkında bir yazı yazmış olan Cambridge'ten John Michell adlı biriydi. Fikri şöyleydi: Yeryüzünün yüzeyinden bir gülleyi dikey olarak yukarı doğru ateşlediğinizi varsayalım. Gülle yukarıya giderken kütleçekim tarafından yavaşlatılır. Sonunda yukarı gitmeye devam etmeyecek ve yeryüzüne geri düşecektir. Ama belli bir kritik hızdan fazlasına sahip olursa, hiçbir zaman yükselmeyi durdurmayacak ve geri düşmeyecek, uzaklaşmaya devam edecektir. Bu kritik

hıza kaçış hızı denir. Bu yeryüzü için saniyede 1126 kilometre kadar, Güneş için saniyede 161 kilometre kadardır. Bu hızların her ikisi de gerçek bir güllenin hızından fazladır, fakat saniyede 300.000 km olan ışığın hızından çok daha küçüktür. Bu, kütleçekimin ışık üzerinde fazla etkisi olmadığı anlamına gelir; ışık zorluk çekmeden yeryüzünden veya Güneş'ten kaçıp kurtulabilir. Ancak Michell kaçıp kurtulma hızının ışığın hızından daha büyük olmasına yetecek kadar kütleli ve yeterince küçük bir yıldız olabileceğini düşündü. Böyle bir yıldızı göremeyiz, çünkü onun yüzeyinden gelen ışık bize ulaşmaz; yıldızın kütleçekimi tarafından geri çekilir. Ancak kütleçekiminin yakınındaki madde üzerindeki etkisiyle, yıldızın varlığını saptayabiliriz.

Gerçekte ışığa gülle gibi muamele etmek tutarlı bir iş değildir. 1897 yılında yapılan bir deneye göre, ışık her zaman aynı değişmez hızla hareket eder. O halde kütleçekim ışığı nasıl yavaşlatabilir? Kütleçekimin ışığı nasıl etkilediği konusunda tutarlı bir teori, 1915 yılında Einstein'ın genel görelilik kuramını formüle edişine kadar çıkmadı. Yine de bu teorinin eski yıldızlar ve diğer kütleli cisimler için anlamı, 1960'lara kadar genel olarak anlaşılmadı.

Genel göreliliğe göre, uzay ve zaman birlikte uzayzaman denen dört boyutlu bir uzay oluşturuyor olarak düşünülebilirler. Bu uzay düz değildir, içindeki madde ve enerji tarafından yamulmuş veya eğrilmiştir. Bu eğriliği, bize geliş yollarında Güneş'in yakınından geçerken ışık veya radyo dalgalarının bükülmelerinde izleriz. Güneş'in yakınından geçen ışık durumunda, bükülme çok küçüktür. Ancak eğer Güneş yalnızca birkaç kilometre çapında olacak kadar büzülseydi, bükülme o kadar büyük olurdu ki, Güneş'ten ayrılan ışık uzaklaşmaz, Güneş'in kütleçekim alanı tarafından geri çekilirdi. Görelilik teorisine göre, hiçbir şey ışığın hızından daha hızlı ilerleyemez, bu yüzden, içinden herhangi bir şeyin kaçıp kurtulmasının mümkün olmadığı bir bölge olurdu. Bu bölgeye kara delik, sınırına da olay ufku denir. Olay ufku kara delikten kaçıp kurtulmayı başarmak üzere olup başaramayan, kenarda bekler durumda kalan ışık tarafından oluşturulur.

Güneş'in yalnızca birkaç kilometre çapında olacak kadar büzülebileceğini ileri sürmek komik gelebilir. Maddenin o kadar sıkıştırılamayacağı düşünülebilir. Fakat sıkıştırılabileceği ortaya çıkıyor.

Güneş o kadar sıcak olduğu için o büyüklüktedir ve kontrollü bir H-bombası gibi hidrojeni helyuma dönüştürerek yakmaktadır. Bu süreçte açığa çıkan ısı, Güneş'in kendi kütleçekiminin onu küçültmeye çalışan çekimine karşı direnmesini sağlayan bir basınç yaratır.

Ama sonunda Güneş nükleer yakıtını bitirecektir. Bu, yaklaşık beş milyar yıl geçene kadar olmayacaktır, bu yüzden bir başka yıldıza uçuş için yer ayırtmakta acele etmeye gerek yoktur. Ancak Güneş'ten daha kütleli yıldızlar yakıtlarını çok daha hızlı yakıp bitireceklerdir. Yakıtlarını bitirdikleri zaman ısı kaybetmeye ve büzülmeye başlayacaklardır. Eğer Güneş'in kütlesinin yaklaşık olarak iki katından daha azsalar, sonunda büzülmeyi durduracaklar ve dengeli bir duruma geçeceklerdir. Bu tür bir duruma beyaz cüce denir. Bunların birkaç bin kilometrelik yarıçapları vardır ve yoğunlukları santimetre küp başına yüzlerce tondur. Bu tür bir başka durum bir nötron yıldızı durumudur. Bunların yaklaşık on altı kilometrelik yarıçapları vardır ve yoğunlukları santimetre küp başına milyonlarca tondur.

Galakside hemen yakınımızda çok sayıda beyaz cüce gözlemlenmektedir. Ancak nötron yıldızları 1967 yılında Cambridge'te Jocelyn Bell ve Antony Hewish'in düzenli radyo dalgaları vuruşları yayan pulsarlar denen cisimleri keşfettikleri zamana kadar gözlemlenmemişlerdi. Başlangıçta onlar yabancı bir uygarlıkla bağlantı kurup kurmadıklarını merak ettiler; aslında, onların keşiflerini ilan ettikleri seminer odasının "küçük yeşil adam" şekilleriyle dekore edilmiş olduğunu anımsıyorum. Ancak sonunda onlar ve diğerleri bu cisimlerin dönen nötron yıldızları olduğu şeklindeki daha az romantik sonuca ulaştı. Bu durum uzay Western'leri yazarları için kötü haber, fakat o zamanlar kara deliklere inanan az sayıdaki bizler için iyi haberdi. Eğer yıldızlar nötron yıldızı olmak üzere on veya yirmi kilometre kadar küçük çaplı olacak şekilde bü-

zülebiliyorlarsa, başka yıldızların kara delikler olmak üzere daha fazla büzülebilecekleri beklenebilir.

Yaklaşık Güneş'in kütlesinin iki katından fazla kütlesi olan bir yıldız, bir beyaz cüce veya nötron yıldızı haline gelemez. Bazı durumlarda yıldız patlayabilir ve kütlesini sınırın altına düşürecek kadar madde fırlatabilir. Fakat bu her durumda olmaz. Bazı yıldızlar o kadar küçülür ki, kütleçekimleri, ışığı geriye yıldıza dönecek kadar büker. Başka ışık veya herhangi başka bir şey kaçıp kurtulamaz. Yıldızlar kara delik haline gelmiş olurlar.

Fizik yasaları zaman simetrisine sahiptirler. Bu yüzden içine düşenlerin çıkamadığı kara delikler denen cisimler varsa, o zaman, şeylerin içinden çıktığı fakat, içine düşemediği başka cisimler de olmalıdır. Bunlara beyaz delikler denebilir. Bir kara deliğin içine bir yerde atlanabileceği ve bir başka yerde bir beyaz delikten çıkılabileceği düşünülebilir. Bu daha önce söz edilen uzun uzay yolculuğunun ideal yöntemi olacaktır. Tüm gereksiniminiz olan şey, yakında bir kara delik bulmak olacaktır.

Başlangıçta bu tür uzay yolculuğu mümkün göründü. Einstein'ın genel görelilik teorisinin, bir kara deliğin içine düşmenin ve bir beyaz delikten çıkmanın mümkün olduğu çözümleri vardır. Ancak daha sonraki çalışmalar, tüm bu çözümlerin hepsinin çok dengesiz olduğunu gösteriyor: Bir uzay gemisinin varlığı gibi en küçük parazit kara delikten beyaz deliğe giden "kurt deliğini" ya da geçidi tahrip ederdi. Uzay gemisi sonsuz derecede büyük kuvvetler tarafından parçalara ayrılırdı. Bu Niagara şelalesinden bir fıçı içinde geçmek gibi olurdu.

Daha sonra bu umutsuz göründü. Kara delikler çöplerden kurtulmak veya hatta insanın bazı arkadaşlarından kurtulması için yararlı olabilirlerdi. Fakat onlar "kendisinden hiçbir gezginin dönmediği bir ülke"ydiler. Ancak şimdiye kadar söylediğim her şey Einstein'ın genel görelilik kuramını kullanan hesaplamalara dayanmaktadır. Bu teori yapmış olduğumuz tüm gözlemlerle mükemmel bir uyum içindedir. Fakat o kadar doğru olamayacağını biliyoruz. Çünkü kuantum mekaniğinin belirsizlik ilkesini kapsamıyor. Belirsizlik ilkesi parçacıkların

hem iyi-tanımlanmış bir konuma hem de iyi-tanımlanmış bir hıza sahip olamayacaklarını söyler. Bir parçacığın konumunu ne kadar kesin olarak ölçerseniz, hızını o kadar daha az kesin ölçersiniz ve tersi de doğrudur.

1973 yılında belirsizlik ilkesinin kara deliklere hangi farkı getireceğini araştırmaya başladım. Benim ve başka herkesin çok şaşırmasına yol açan bir şekilde onun kara deliklerin tamamen kara olmadıkları anlamına geldiğini buldum. Değişmeyen bir hızla dışarıya ışınım ve parçacıklar gönderiyor olmalıydılar. Sonuçlarımı Oxford yakınında bir konferansta açıkladığımda, genel bir inançsızlıkla karşılandı. Oturumun başkanı bunların saçmalık olduğunu söyledi ve bunu söylediği bir yazı yazdı. Fakat başkaları benim hesabımı tekrarladıklarında, aynı etkiyi buldular. Böylece sonunda başkan bile haklı olduğumu kabul etti.

Işınım kara deliğin kütleçekim alanından nasıl kaçıp kurtulabilir? Bunu anlamanın birkaç yolu vardır. Çok farklı görünseler de, aslında hepsi birbirinin aynıdır. Bir yolu, belirsizlik ilkesinin, parçacıkların küçük bir uzaklık için ışıktan hızlı ilerlemelerine olanak verdiğini kavramaktır. Bu durum parçacıkların ve ışınımın olay ufku yoluyla çıkmalarına ve kara delikten kaçıp kurtulmalarına olanak verir. Böylece şeylerin kara delikten çıkması mümkündür. Ancak bir kara delikten çıkan şey, içine düşen şeyden farklı olacaktır. Yalnızca enerji aynı olacaktır.

Kara delik dışarıya parçacıklar ve ışınım verirken kütle kaybedecektir. Bu kara deliğin küçülmesine ve parçacıkları daha hızlı olarak dışarıya yollamasına yol açacaktır. Sonunda sıfır kütleye inecek ve tamamen ortadan kaybolacaktır. O zaman kara deliğin içine düşen, aralarında uzay gemilerinin de bulunabileceği cisimlere ne olur? Benim son çalışmalarıma göre bunun yanıtı, onların kendilerine ait küçük bir bebek evrene gittikleridir. Evrenimizin bizim bulunduğumuz bölgesinden, küçük, kendi kendini taşıyan bir evren dallanır. Bu bebek evren tekrar bizim uzayzaman bölgemize katılabilir. Katılırsa, bize oluşan ve daha sonra buharlaşan bir başka kara delik olarak görünür. Bir kara deliğin içine düşen parçacıklar diğer

kara delik tarafından yayılan parçacıklar olarak görünür ve bunun tersi de doğrudur.

Bu, kara deliklerden geçilen bir uzay yolculuğuna olanak vermek için gereken şey gibi görünüyor. Yalnızca uygun bir kara deliğin içine uzay geminizi yöneltirsiniz. Oldukça büyük bir uzay gemisi olsa daha iyidir, yoksa kütleçekim kuvvetleri içeri girmenizden önce sizi spagetti haline getirir. O zaman, neresi olacağını seçemeyecek olsanız da, bir başka delikten tekrar ortaya çıkmayı umarsınız.

Ama, bu galaksiler arası ulaşım planında bir pürüz var. Deliğe düşen parçacıkları alan bebek evrenler sanal zaman denen şeyde olur. Gerçek zamanda bir kara deliğe düşen bir astronotun akibeti kötüdür. Başındaki ve ayağındaki kütleçekim arasındaki farkla parçalara ayrılır. Vücudunu oluşturan parçacıklar bile hayatta kalmaz. Onların gerçek zamandaki geçmişleri bir tekillikte sona erer. Ancak parçacıkların sanal zamandaki tarihleri devam eder. Bebek evrene geçerler ve bir başka kara delikten yayılan parçacıklar olarak yeniden ortaya çıkarlar. Böylece bir anlamda, astronot evrenin bir başka bölgesine taşınır. Ancak ortaya çıkan parçacıklar pek fazla astronota benzemeyecektir. Gerçek zamanda tekilliğe giderken parçacıklarının sanal zamanda hayatta kalacaklarını bilmek de onun için pek bir teselli olmaz. Bir kara deliğe düşen biri için parola "Sanal Düşün" olmalıdır.

Parçacıkların nerede yeniden ortaya çıkacağını ne belirler? Bebek evrendeki parçacıkların sayısı, kara deliğe düşen parçacıkların sayısı ile kara deliğin buharlaşması sırasında yaydığı parçacıkların sayısının toplamına eşit olacaktır. Bu bir kara deliğin içine düşen parçacıkların, yaklaşık aynı kütlede bir başka delikten dışarı çıkacakları anlamına gelir. Böylece parçacıkların içine düştüğü kara delikle aynı kütlede bir kara delik yaratılarak, parçacıkların nereye geleceğini seçmeyi denemek düşünülebilir. Ancak kara delik, eşit derecede olasılıkla, aynı toplam enerjide herhangi bir başka parçacık dizisini dışarıya veriyor olabilecektir. Kara delik doğru türde parçacıklar yaysa bile onların diğer deliğe düşmüş olan parçacıklarla gerçekten aynı parçacıklar olduğu anlaşılamaz. Parçacıklar

kimlik kartları taşımazlar: bir türden tüm parçacıklar benzer görünür.

Tüm bunların anlamı, bir kara delikten geçmenin popüler ve güvenilir bir uzay yolculuğu yöntemi olduğunun doğrulanmasının pek beklenemeyeceğidir. Her şeyden önce oraya sanal zamanda yolculuk yaparak ulaşmak ve gerçek zamandaki geçmişinizin kötü bir sona geldiğine aldırış etmemek zorunda olurdunuz. İkinci olarak gerçekten hedefinizi seçemezdiniz. Bu benim ismini verebileceğim bazı hava yollarında yolculuk yapmak gibi olurdu.

Bebek evrenler uzay yolculuğu için fazla yararlı olmasa da, evrendeki her şeyi tanımlayacak tam bir birleşik teori bulma girişimimiz açısından önemli sonuçları vardır. Şimdiki teorilerimiz bir parçacık üzerindeki elektrik yükünün büyüklüğü gibi bazı nicelikler taşıyor. Bu niceliklerin değerleri teorilerimiz tarafından öngörülemez. Onun yerine, gözlemlerle uyuşacak şekilde seçilmek zorundadırlar. Ancak bilim insanlarının çoğu tüm bu niceliklerin değerlerini öngörecek, temelde yatan bir birleşik teori olduğuna inanmaktadırlar.

Pekâlâ böyle temelde yatan bir teori olabilir. Şimdiki en güçlü adayın adı heterotik* süpersicim teorisidir. Burada fikir, uzayzamanın sicim parçaları gibi ilmeklerle dolu olmasıdır. Temel parçacık olarak düşündüğümüz şeyler gerçekte farklı şekillerde titreşim yapan bu küçük ilmeklerdir. Bu teori değerleri ayarlanabilir sayılar taşımaz. Bu nedenle, bu birleşik teorinin, şimdiki teorilerimizin belirlenmemiş bıraktığı, bir parçacık üzerindeki elektrik yükü gibi, niceliklerin tüm değerlerini öngörüde bulunabilmesi beklenir. Henüz bu niceliklerin herhangi birini süpersicim teorisinden öngörememiş olsak da, pek çok insan sonunda bunu yapabileceğimize inanıyor.

Ancak eğer bu bebek evrenler resmi doğruysa, bu nicelikleri öngörme yeteneğimiz azaltılmış olacaktır. Bunun nedeni, bizim evren bölgemize katılmayı bekleyen kaç tane bebek evren bulunduğunu gözlemleyememizdir. Yalnızca birkaç parçacık taşıyan bebek evrenler olabilir. Bu bebek evrenler o kadar küçüktür ki, onların katıldığı veya dallanıp ayrıldığı fark edil-

* Melez; iki modelin birleşmesinden meydana gelmiş –yn.

mez. Ancak katılmayla, bir parçacık üzerindeki elektrik yükü gibi niceliklerin görünürdeki değerlerini değiştireceklerdir. Böylece kaç tane bebek evrenin var olduğunu bilmediğimiz için, bu niceliklerin görünürdeki değerlerinin ne olacağı konusunda öngörüde bulunamayacağız. Bebek evrenlerin nüfus patlaması olabilir. Ancak insanlar için olanın tersine, yiyecek temini veya ayakta duracak yer gibi hiçbir sınırlayıcı faktör yok görünüyor. Bebek evrenler kendilerine ait bir alanda vardırlar. Bu biraz bir topluiğnenin tepesinde kaç adet meleğin dans edebileceğini sormaya benzer.

Niceliklerin çoğu için, bebek evrenler öngörülen değerlerde, oldukça küçük de olsa, belli miktarda belirsizlik getiriyor görünüyorlar. Ancak onlar çok önemli bir niceliğin, kozmolojik değişmez denen şeyin, gözlemlenmiş değerinin bir açıklamasını getirebilirler. Bu, genel görelilik denklemlerinde, uzayzamanın yapısına yerleşik bir genişleme veya büzülme eğilimi veren bir terimdir. Einstein başlangıçta maddenin evreni büzdürme eğilimini dengeleme umuduyla, çok küçük bir kozmolojik değişmez önerdi. Bu dürtü evrenin genişlemekte olduğu keşfedildiğinde ortadan kalktı. Fakat kozmolojik değişmezden kurtulmak o kadar kolay değildi. Kuantum mekaniğinin belirttiği dalgalanmaların çok büyük bir kozmolojik değişmez vermesi beklenebilir. Yine de evrenin genişlemesinin zamanla nasıl değiştiğini gözlemleyebilir ve böylece kozmolojik değişmezin çok küçük olduğunu belirleyebiliriz. Şimdiye kadar, gözlemlenmiş değerin neden o kadar küçük olması gerektiği konusunda iyi bir açıklama olmamıştır. Ancak dallanıp ayrılan ve katılan bebek evrenler kozmolojik değişmezin görünürdeki değerini etkileyeceklerdir. Kaç tane bebek evren olduğunu bilmediğimiz için, görünürdeki kozmolojik değişmez için farklı mümkün değerler olacaktır. Ancak hemen hemen sıfır olan bir değer en olası değer olacaktır. Bu iyidir, çünkü ancak kozmolojik değişmez çok küçükse, evren bizim gibi yaratıklar için uygun olur.

Özetlersek, göründüğü kadarıyla, parçacıklar daha sonra buharlaşıp bizim evren bölgemizden kaybolan kara deliklerin içine düşebilirler. Parçacıklar bizim evrenimizden dallanan bebek evrenlere giderler. Bu bebek evrenler sonra bir başka

yerde yeniden evrene katılabilirler. Onlar uzay yolculuğu için pek iyi olmayabilirler, fakat varlıkları, tam bir birleşik teori bulsak bile beklediğimizden daha azını öngörebileceğimiz anlamına gelir. Diğer taraftan kozmolojik değişmez gibi bazı niceliklerin ölçülen değerleri için şimdi açıklamalar getirebiliriz. Son birkaç yıl içinde pek çok insan bebek evrenler üzerinde çalışmaya başlamıştır. Kimsenin onlarda uzay yolculuğu için patent alarak servet kazanacağını sanmıyorum, fakat çok heyecanlı bir araştırma alanı haline gelmişlerdir.

12

HER ŞEY BELİRLENMİŞ MİDİR?[1]

Julius Caesar adlı oyunda Cassius, Brutus'a "İnsanlar nadiren talihlerinin efendileridir" der. Biz gerçekten talihimizin efendisi miyiz? Ya da yaptığımız her şey belirlenmiş ve önceden buyurulmuş mudur? Eskiden önceden buyurulmuş olma durumunu ileri süren tezde Tanrı'nın her şeye kadir ve zamanın dışında olduğu, böylece ne olacağını bileceği savunulurdu. O zaman nasıl özgür irademiz olabilir? Ve eğer özgür irademiz olmazsa, hareketlerimizden nasıl sorumlu olabiliriz? Eğer insanın bir banka soyması önceden buyurulmuşsa bu pek onun hatası olmaz. O halde neden bu iş için cezalandırılsın?

Son zamanlarda belirlenimcilik tezi bilime dayandırılmıştır. Evren ve onun içindeki her şeyin zamanla nasıl bir gelişim gösterdiğini yöneten iyi tanımlanmış yasalar olduğu anlaşılıyor. Tüm bu yasaların tam şekillerini henüz bulmamışsak da, halihazırda en aşırı durumlar dışında ne olacağını belirlemeye yetecek kadarını biliyoruz. Oldukça yakın bir sürede geri kalan yasaları bulup bulamayacağımız bir görüş meselesidir. Ben bir iyimserim: Kanımca onları gelecek yirmi yılda bulma konusunda yüzde elli şans vardır. Fakat bulmazsak bile bu tez-

[1] Nisan 1990'da Cambridge Üniversitesi'nde Sigma Kulübü seminerinde yapılan bir konuşma.

de herhangi bir değişiklik yaratmaz. Önemli nokta, evrenin ilk durumundan evrimini tamamen belirleyen bir yasalar kümesi olması gerektiğidir. Bu yasalar Tanrı tarafından buyurulmuş olabilir. Fakat göründüğü kadarıyla O, evrene yasaları bozmak üzere müdahale etmiyor.

Evrenin ilk düzenlenişi Tanrı tarafından seçilmiş olabilir veya kendisi bilim yasaları tarafından belirlenmiş olabilir. Her durumda, daha sonra evrendeki her şeyin bilim yasalarına göre evrimle belirlendiği anlaşılır; bu yüzden bizim nasıl geleceğimizin efendisi olabileceğimizi anlamak zordur.

Evrendeki her şeyi belirleyen bir büyük birleşik teori olduğu fikri bazı güçlükler ortaya çıkarır. Her şeyden önce büyük birleşik teorinin matematiksel olarak toplu ve mükemmel olduğu varsayılmaktadır. Her şeyin teorisinin özel ve basit bir yönü olmalıdır. Yine de belli sayıda denklem çevremizde gördüğümüz karmaşıklık ve ince ayrıntıyı nasıl açıklayabilir? Sinead O'Connor'un bu hafta en çok satan plaklar listesinde liste başı olacağını veya Madonna'nın *Cosmopolitan* dergisinde kapak olacağını büyük birleşik teorinin belirlediğine gerçekten inanılabilir mi?

Her şeyin bir büyük birleşik teori tarafından belirlendiği fikrinde ikinci bir sorun, söylediğimiz her şeyin de teori tarafından belirlenmesidir. Fakat neden doğru olması belirlenmiş olsun? Yanlış olması daha olası değil mi? Çünkü her doğru ifadeye karşılık pek çok mümkün yanlış ifade var. Her hafta eposta kutumda insanların bana gönderdikleri bazı teoriler olur. Bunların hepsi farklıdır ve çoğu karşılıklı olarak tutarsızdır. Ama anlaşıldığına göre, büyük birleşik teori yazarların doğru görüşte olduklarını düşünmelerini belirlemiştir. O halde söylediğim herhangi bir şey neden daha fazla bir geçerliliğe sahip olsun? Ben de eşit şekilde büyük birleşik teori tarafından belirlenmiş değil miyim?

Her şeyin belirlenmiş olduğu fikriyle ilgili üçüncü bir problem, özgür irademiz –bir şeyi yapma veya yapmamayı seçme özgürlüğümüz– olduğunu hissetmemizdir. Fakat eğer her şey bilimin yasaları tarafından belirlenmişse, o zaman özgür irade bir yanılsama olmalıdır. Ve eğer özgür irademiz yoksa, eylem-

lerimizle ilgili sorumluluğumuzun temeli nedir? Eğer deliyseler insanları suçları için cezalandırmayız, çünkü suçtan kaçınmak için ellerinden bir şey gelmediğine karar vermişizdir. Fakat eğer hepimiz bir büyük birleşik teori tarafından belirlenmişsek, hiçbirimiz yaptığımız şeylerden kaçınabilir durumda değildir, o halde neden herhangi bir kişi yaptığı şeyler için sorumlu tutulsun?

Belirlenimciliğin bu problemleri yüzyıllardır tartışılmıştır. Ancak bilimin yasaları hakkında tam bir bilgiden uzak olduğumuz ve evrenin ilk durumunun nasıl belirlenmiş olduğunu bilmediğimiz için tartışma biraz akademik olmuştur. Ama şimdi problemler daha ivedidir, çünkü yirmi yıl kadar az bir zamanda tam bir birleşik teori bulma olanağımız vardır. Ve ilk durumun kendisinin bilim yasaları tarafından belirlenmiş olabileceğini kavramaktayız. Aşağıda benim bu problemlerle uzlaşma konusundaki kişisel girişimim var. Herhangi bir orijinallik veya derinlik iddiasında değilim, fakat bu, benim şu an yapabildiğimin en iyisidir.

İlk problemle başlayalım: göreli olarak basit ve toplu bir teori nasıl olur da, tüm ince ve önemsiz ayrıntılarıyla, gözlemlediğimiz kadar karmaşık bir evrene yol açabilir? Bunun anahtarı kuantum mekaniğinin bir parçacığın hem konum hem de hızının büyük hassaslıkla ölçülemeyeceğini söyleyen, konumu ne kadar fazla hassas olarak ölçerseniz, hızı o kadar daha az hassas olarak ölçebilirsiniz ve tersi de doğrudur, diyen belirsizlik ilkesidir. Bu belirsizlik, şeylerin, konumda küçük bir belirsizliğin fazla fark yaratmayacağı kadar birbirlerinden uzak olduğu şimdiki zamanda o kadar önemli değildir. Fakat evrenin çok başlardaki durumunda her şey birbirine çok yakındı, bu yüzden çok fazla belirsizlik ve evren için bazı mümkün durumlar vardı. Bu farklı mümkün erken durumlar evren için tüm bir farklı geçmişler ailesine evrimleşmiş olacaktır. Bu geçmişlerin çoğu büyük ölçekli özelliklerinde benzer olacaklardır. Onlar tek biçimli, düzgün ve genişleyen bir evrene karşılık geleceklerdir. Ancak yıldızların dağılımı gibi ayrıntılarda farklı olacaklar ve hatta dergilerinin kapaklarında ne olduğu gibi şeylerde daha fazla farklı olacaklardır. (Yani bu geçmişlerde dergiler varsa!)

Bu yüzden çevremizdeki evrenin karmaşıklığı ve ayrıntıları ilk aşamalarda belirsizlik ilkesinden kaynaklanmıştır. Bu durum evren için tüm bir mümkün geçmişler ailesi verir. Olasılık az da olsa, Nazi'lerin İkinci Dünya Savaşı'nı kazandığı bir geçmiş de olacaktır. Fakat biz rastlantısal olarak Müttefikler'in savaşı kazandığı ve Madonna'nın *Cosmopolitan*'ın kapağında olduğu bir geçmişte yaşıyoruz.

Şimdi ikinci probleme geçiyorum: Eğer ne yaptığımız bir büyük birleşik teori tarafından belirlenmişse, teori neden evren hakkında yanlış değil de doğru sonuçları çıkarmamızı belirlesin? Söylediğimiz herhangi bir şeyin neden bir geçerliliği olsun? Benim buna yanıtım Darwin'in doğal seçilim fikrine dayalıdır. Ben bunu, yeryüzünde bazı çok ilkel yaşam biçimlerinin, atomların rastlantısal bileşiminden ve kendiliğinden ortaya çıktığı şeklinde anlıyorum. Bu erken yaşam biçimi muhtemelen büyük bir moleküldü. Fakat o muhtemelen DNA değildi, çünkü bir tüm DNA molekülünü rasgele bileşimlerle oluşturma şansı küçüktür.

Erken yaşam biçimi kendini çoğaltmış olmalıdır. Kuantum belirsizlik ilkesi ve atomların rasgele ısıl hareketleri üremede belli sayıda hatalar olacağı anlamına gelir. Bu hataların çoğu organizmanın hayatta kalması veya üreme kapasitesi açısından ölümcül olacaktır. Bu tür hatalar gelecek nesillere geçmeyecek, yok olacaktır. Çok az sayıda hata, saf şans ürünü olarak, yararlı olacaktır. Bu hataları taşıyan organizmaların hayatta kalması ve üremeleri daha olası olacaktır. Böylece başlangıçtaki gelişmemiş organizmanın yerine geçme eğiliminde olacaklardır.

DNA'nın çift sarmallı yapısının gelişimi erken aşamalardaki böyle bir ilerleme olabilir. Bu büyük olasılıkla, ne olmuş olursa olsun, herhangi bir daha önceki yaşam biçiminin tamamen yerini aldığı bir ilerlemeydi. Evrim ilerledikçe merkezi sinir sisteminin gelişimine yol açmış olmalıdır. Duyu organlarıyla topladıkları verileri doğru şekilde algılayan ve uygun eyleme geçen yaratıkların hayatta kalma ve üreme olasılığı daha yüksek olacaktır. İnsan soyu bunu bir başka aşamaya geçirmiştir. Biz hem vücutlarımızla hem DNA'mızla yüksek may-

munlara çok benziyoruz; fakat DNA'mızda küçük bir değişim, dili geliştirmemizi sağlamıştır. Bu bizim nesilden nesile bilgiyi ve birikmiş deneyimi sözlü ve sonunda yazılı biçimde iletebileceğimiz anlamına gelir. Daha önceleri deneyimin sonuçları, yalnızca üremede rasgele hatalar yoluyla, yavaşça DNA içine kayıt edilme süreci içinde iletilebilirdi. Bunun etkisi evrimin dramatik olarak hızlanışı olmuştur. İnsan soyuna gelene kadar üç milyar yıldan fazla evrim gerekmiştir. Fakat geçen son on bin yıl içinde yazılı dili geliştirmiş bulunuyoruz. Bu bizim mağarada yaşayan insanlardan evrenin en temel teorisini sorabileceğimiz yere kadar ilerlememizi sağlamıştır.

Son on bin yılda insan DNA'sında hiçbir anlamlı biyolojik evrim veya değişiklik olmamıştır. Bu yüzden zekâmız, duyu organlarımızla sağlanan bilgi verilerinden doğru sonuçlar çıkarma yeteneğimiz, mağara insanları günleri veya daha öncesine kadar gidiyor olmalıdır. Bu, belli hayvanları yiyecek için öldürme ve diğer hayvanlar tarafından öldürülmeyi önleme yeteneğimiz temelinde öne çıkmış olmalıdır. Bu amaçlara uygun zihinsel niteliklerin, bugünün çok farklı koşullarında bizi o kadar iyi yerde tutmuş olması dikkate değer. Büyük olasılıkla, bir büyük birleşik teori keşfetmek veya belirlenimcilik konulu sorulara yanıt vermek yaşamı sürdürme konusunda fazlaca bir avantaj sağlamaz. Yine de diğer nedenlerle geliştirmiş olduğumuz zekâ pekâlâ bu sorulara doğru yanıtlar vermemizi de sağlayabilir.

Şimdi üçüncü probleme, özgür irade ve eylemlerimizden sorumlu olma sorununa geçiyorum. Öznel olarak, kim olduğumuz ve ne yapacağımızı seçme yeteneğimize sahip olduğumuzu hissederiz. Fakat bu yalnızca bir yanılsama olabilir. Bazı insanlar kendilerinin İsa veya Napolyon olduklarını düşünürler, fakat hepsi birden haklı olamazlar. Gereksinimimiz olan şey, dışardan uygulayabileceğimiz, bir organizmanın özgür iradesi olup olmadığını ayırt edecek objektif bir testtir. Örneğin bir başka yıldızdan "küçük yeşil adamın" bizi ziyaret ettiğini düşünün. Onun özgür iradesi olduğuna ya da yalnızca bizim gibiymiş gibi yanıt vermek üzere programlanmış bir robot olduğuna nasıl karar verebilirdik?

Özgür iradenin tek objektif testinin şöyle olacağı anlaşılıyor: İnsan, organizmanın davranışı konusunda öngörüde bulunabilir mi? Eğer öngörüde bulunabilirse, o zaman özgür iradesi olmadığı, önceden belirlenmiş olduğu açıktır. Diğer taraftan eğer davranış konusunda öngörüde bulunulamazsa, bu, organizmanın özgür iradesi olduğunun işlevsel bir tanımı olarak kabul edilebilir.

Bir defa tam bir birleşik teori bulduğumuzda, insanların ne yapacakları konusunda öngörüde bulunabileceğimiz gerekçesiyle özgür iradenin bu tanımına karşı çıkılabilir. Ancak insan beyni de belirsizlik ilkesine tabidir. Bu yüzden insan davranışında kuantum mekaniğiyle bağlantılı bir rasgelelik unsuru vardır. Fakat beyindeki ilgili enerjiler düşüktür, bu nedenle kuantum mekaniğinin belirsizliği yalnızca küçük bir etkidir. İnsan davranışı hakkında öngörüde bulunamayışımızın gerçek nedeni bunun yalnızca çok zor olmasıdır. Halihazırda beynin faaliyetlerini yöneten temel fizik yasalarını biliyoruz ve bu yasalar göreli olarak basittir. Fakat birkaç parçacıktan daha fazlası varsa, denklemleri çözmek zordur. Daha basit Newton kütleçekim teorisinde bile denklemler tam olarak yalnızca iki parçacık durumunda çözülebilir. Üç veya daha fazla parçacık için yaklaşımlara başvurmak zorunludur ve parçacık sayısıyla birlikte güçlük hızla artar. İnsan beyni yaklaşık olarak 10^{26} ya da yüz milyon milyar milyar parçacık taşır. Bu, bizim denklemleri çözebilmemizi ve beynin, ilk durumu ve gelen sinir verisi bilindiğinde, nasıl davranacağını öngörmemizi olanaksız kılacak kadar fazladır. Aslında kuşkusuz ilk durumun ne olduğunu bile ölçemeyiz, çünkü bunu yapabilmek için beyni parçalamamız gerekir. Bunu yapmaya hazır olsak bile kaydedecek çok fazla parçacık olurdu. Ayrıca büyük olasılıkla, beyin ilk duruma karşı çok duyarlıdır: ilk durumda küçük bir değişiklik daha sonraki davranışta çok büyük bir değişikliğe yol açabilir. Böylece beyni yöneten temel denklemleri biliyorsak da, insan davranışını öngörmek için onları pek kullanamayız.

Bu durum ne zaman makroskopik sistemlerle uğraşsak, bilimde ortaya çıkar; çünkü parçacık sayısı her zaman temel denklemleri çözme şansı olamayacak kadar büyük olur. Onun

yerine yaptığımız şey etkin teoriler kullanmaktır. Bunlar parçacıkların çok büyük sayısının birkaç nicelikle değiştirildiği yaklaşımlardır. Bir örnek akışkanlar mekaniğidir. Su gibi bir sıvı kendileri elektronlar, protonlar ve nötronlardan yapılmış milyarlarca milyar molekülden yapılmıştır. Yine de sıvıyı yalnızca hızı, yoğunluğu ve sıcaklığıyla tanımlanan sürekli bir ortam olarak düşünmek iyi bir yaklaşımdır. Etkin akışkanlar mekaniği teorisinin öngörüleri tam değildir –yalnızca hava tahminlerini dinlemek bunu kavramaya yeter– fakat gemilerin veya petrol boru hatlarının tasarımına yetecek kadar iyidir.

Özgür irade ve eylemlerimiz için ahlaki sorumluluk kavramlarının, akışkanlar mekaniği anlamında, gerçekten etkili bir teori olduklarını ileri sürmek istiyorum. Yaptığımız her şey bir büyük birleşik teori tarafından belirlenmiş olabilir. Eğer o teori bizim asılmayla öleceğimizi belirlemişse, o takdirde boğulmayacağız demektir. Fakat bir fırtına sırasında küçük bir botla denize açılmak için, darağacında öleceğinizden kesinlikle emin olmanız gerekir. Her şeyin önceden belirlenmiş olduğunu ve bunu değiştirmek için hiçbir şey yapamayacağımızı ileri süren insanların bile karşıya geçmeden önce yola baktıklarını fark ettim. Belki sorun, bakmayanların masalı anlatmak üzere hayatta kalmıyor olmalarındadır.

İnsan, davranışını her şeyin belirlenmiş olduğu fikri üzerinde temellendiremez, çünkü neyin belirlenmiş olduğunu bilmez. Onun yerine özgür iradesi olduğu ve davranışlarından sorumlu olduğu şeklindeki etkili teoriyi kabul etmek zorundadır. Bu teori insan davranışını öngörmede çok iyi değildir. Fakat onu kabul ederiz, çünkü temel yasalardan çıkan denklemleri çözme şansı yoktur. Ayrıca özgür iradeye inanmamızı etkileyen bir Darwinci gerekçe de vardır. Kişilerin davranışlarından kendilerini sorumlu hissettiği bir toplumun, birlikte çalışması ve değerlerini yaymak üzere hayatta kalması daha olasıdır. Kuşkusuz arılar birlikte çok iyi çalışırlar. Fakat öyle bir toplum durağandır. Tanıdık olmayan sorunlara yanıt veremez veya yeni fırsatlar geliştiremez. Ancak belli karşılıklı amaçları paylaşan bir özgür fertler topluluğu, ortak hedeflerinde işbirliği yapabilirler ve yine de yenilikler yapma esnekliğine sahip

olabilirler. Bunun için, böyle bir toplumun gelişmesi ve değerler sistemini yayması daha olasıdır.

Özgür irade kavramı temel bilim yasalarınınkinden farklı bir alana aittir. Eğer insan davranışı bilim yasalarından çıkarılmaya çalışılırsa, kendi kendine göndermede bulunan sistemlerin mantıksal paradoksuna yakalanılabilir. Eğer kişinin ne yaptığı temel yasalardan çıkarılabilirse, o zaman o öngörünün yapılması olgusu, ne olacağını değiştirebilir. Bu durum, benim hiçbir zaman mümkün olmayacağını düşündüğüm zaman yolculuğunun mümkün olması durumunda karşılaşılabilecek problemler gibidir. Eğer gelecekte ne olacağını görebilirseniz, onu değiştirebilirsiniz. Eğer Grand National yarışını hangi atın kazanacağını bilseydiniz, onun üzerine iddiaya girerek bir servet kazanabilirdiniz. Fakat bu hareket ayrıntıları değiştirirdi. Hangi problemlerin ortaya çıkabileceğini kavramak için yalnızca "*Geleceğe Dönüş*" filmini görmek gerekir.

Birinin davranışlarını öngörebilme konusundaki bu paradoks daha önce söz ettiğim problemle yakından ilgilidir. En temel teori, en temel teori hakkında doğru sonuçlara ulaşmamızı belirleyecek midir? O durumda Darwin'in doğal seçilim fikrinin bizi doğru yanıta götüreceğini ileri sürdüm. Belki doğru yanıt onu tanımlamanın doğru yolu değildir, fakat doğal seçilim en azından bizi oldukça iyi çalışan bir fizik yasaları dizisine götürmelidir. Ancak iki nedenle bu fizik yasalarını insan davranışını çıkarsamak için kullanamayız. İlk olarak denklemleri çözemeyiz. İkinci olarak, öngörüde bulunabilseydik bile bir öngörüde bulunulması sistemi etkilerdi. Onun yerine, doğal seçilimin bizi etkin özgür irade teorisini kabul etmeye götürdüğü anlaşılıyor. Eğer bir kişinin davranışlarının özgürce seçildiği kabul edilirse, bazı durumlarda dış güçler tarafından belirlendiği ileri sürülemez. "Hemen hemen özgür irade" kavramı anlamsızdır. Fakat insanlar, bir kişinin neyi seçeceğinin tahmin edilebilir olması ile seçimin özgür olmadığı düşüncesini karıştırma eğilimindedirler. Çoğunuzun bu akşam yemek yiyeceğini tahmin ederim, fakat yatağa aç olarak gitme konusunda oldukça özgürsünüz. Böyle karışıklığın bir örneği azalan sorumluluk doktrinidir. Bu, insanların stres altında

oldukları için eylemleri nedeniyle cezalandırılmamaları gerektiği fikridir. Birinin stres altında olduğunda anti-sosyal bir davranışta bulunması olasılığı daha yüksek olabilir. Fakat bu, cezayı azaltarak o kişinin o davranışta bulunması olasılığını artırmak gerektiği anlamına gelmez.

Bilimin temel yasalarının araştırılması ile, insan davranışının incelenmesinin ayrı bölmelerde tutulması gerekir. Açıklamış olduğum nedenlerle insan davranışı hakkında çıkarsamada bulunmak üzere temel yasalar kullanılamaz. Fakat doğal seçilim yoluyla geliştirmiş olduğumuz zekâ ve mantıksal düşünme güçlerinin kullanılabileceği umut edilebilir. Maalesef doğal seçilim saldırganlık gibi diğer özellikler de geliştirmiştir. Mağara adamı günleri ve daha öncesinde saldırganlık bir hayatta kalma avantajı vermiş ve doğal seçilim tarafından tercih edilmiş olmalıdır. Ancak modern bilim ve teknolojinin getirdiği tahribat gücümüzdeki muazzam artış saldırganlığı çok tehlikeli bir nitelik, tüm insan soyunun devamını tehdit eden bir nitelik haline getirmiştir. Sorun şu ki, saldırgan içgüdülerimiz DNA'mızda kodlanmış görünmektedir. DNA biyolojik evrimle, ancak milyonlarca yıllık bir zaman ölçeği içinde değişir; fakat tahribat güçlerimiz şimdi yalnızca yirmi veya otuz yıl olan bilgi evrimi zaman ölçeği içinde artmaktadır. Saldırganlığımızı kontrol altında tutmak üzere zekâmızı kullanamadığımız sürece, insan soyu için fazla şans yoktur. Yine de yaşam olan yerde umut vardır. Eğer gelecek yüz yıl veya benzer bir süre hayatta kalabilirsek, diğer gezegenlere ve büyük olasılıkla diğer yıldızlara yayılmış olacağız. Bu durum, tüm insan soyunun bir nükleer savaş gibi bir felaketle ortadan kalkma olasılığını çok azaltacaktır.

Özetlersem: Evrendeki her şeyin belirlenmiş olduğuna inanılırsa ortaya çıkan bazı problemleri tartıştım. Bu belirlenimciliğin her şeye kadir bir Tanrı veya bilim yasaları nedeniyle olması fazla fark etmez. Aslında her zaman bilim yasalarının Tanrı'nın arzusunun ifadesi olduğu söylenebilir.

Ben üç soruyu ele aldım. İlk olarak evrenin karmaşıklığı ve tüm önemsiz ayrıntıları basit bir denklemler dizisi tarafından nasıl belirlenebilir? Bir başka deyişle, *Cosmopolitan*'ın

kapağında kimin olması gerektiği gibi tüm küçük ayrıntıları Tanrı'nın seçtiğine inanılabilir mi? Bunun yanıtının, kuantum mekaniğinin belirsizlik ilkesinin, evren için bir tek geçmiş değil, tüm bir mümkün geçmişler ailesi bulunduğu anlamına gelmesi olduğu anlaşılıyor. Bu geçmişler çok büyük ölçeklerde benzer olabilir, fakat normal her günkü ölçeklerde büyük ölçüde farklılaşacaklardır. Biz rastlantısal olarak belirli özellikleri ve ayrıntıları olan belli bir geçmişte yaşıyoruz. Fakat savaşı kimin kazandığı ve popta kimin zirvede olduğu gibi konularda farklılaşan geçmişlerde yaşayan çok benzer akıllı yaratıklar vardır. Böylece evrenimizin önemsiz ayrıntıları ortaya çıkar, çünkü temel yasalar belirsizlik veya rasgelelik unsuruyla kuantum mekaniğini kapsıyorlar.

İkinci soru şuydu: Eğer her şey temel bir teori tarafından belirlenmişse, o zaman teori hakkında söylediğimiz şeyler de teori tarafından belirlenmiştir. Üstelik bunlar neden tümden yanlış veya ilgisiz olmak yerine, doğru belirlenmiş olsun? Benim buna yanıtım Darwin'in doğal seçilim teorisine başvurmaktır: Yalnızca çevrelerindeki Dünya hakkında doğru sonuçları çıkaran bireylerin hayatta kalmaları ve çoğalmaları mümkün olacaktır.

Üçüncü soru şuydu: Eğer her şey belirlenmişse, hareketlerimiz konusunda özgür irade ve sorumluluk ne anlama gelir? Oysa bir organizmanın özgür iradeye sahip olup olmadığı konusunda tek objektif test onun davranışının öngörülebilir olup olmadığıdır. İnsanların durumunda, iki nedenle insanların ne yapacağı konusunda öngörüde bulunmak üzere temel yasaları pek kullanamayız. İlk olarak, işe karışan çok sayıda parçacık için denklemleri çözemeyiz. İkinci olarak denklemleri çözebilsek bile bir öngörüde bulunulması sistemi etkiler ve farklı bir çıktıya yol açabilir. Bu nedenle, insan davranışı konusunda öngörüde bulunamayacağımız için, pekâlâ insanların ne yapacaklarını seçebilen özgür varlıklar oldukları şeklindeki etkili teoriyi kabul edebiliriz. İnsanın davranışları konusunda özgür irade ve sorumluluğa sahip olduğuna inanmada, kesin hayatta kalma avantajları bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu, bu inancın doğal seçilimle güçlendirilmesi gerektiği anlamına gelir. Dille

iletilen sorumluluk anlayışının, DNA'yla iletilen saldırganlık içgüdüsünü kontrol etmeye yeterli olup olmadığı ilerde görülecektir. Eğer kontrol edemezse, insan soyu doğal seçilimin bitiş noktalarından biri olacaktır. Belki galakside başka bir yerde başka bir akıllı yaratıklar soyu sorumluluk ile saldırganlık arasında daha iyi bir dengeyi gerçekleştirecektir. Fakat eğer öyleyse, onlar tarafından bizimle temas kurulmasını ya da en azından onların radyo sinyallerini saptamayı umabilirdik. Belki onlar bizim varlığımızın farkındadırlar, fakat kendilerini bize göstermek istememektedirler. Geçmiş kaydımız karşısında bu akıllıca olabilir.

Özet olarak, bu yazının başlığı bir soruydu: Her şey belirlenmiş midir? Yanıt evettir. Fakat pekâlâ olmayabilir de, çünkü neyin belirlenmiş olduğunu hiçbir zaman bilemeyiz.

13

EVRENİN GELECEĞİ[1]

Bu yazının konusu evrenin geleceği ya da daha doğrusu bilim insanlarının geleceğin nasıl olacağını düşündükleridir. Kuşkusuz gelecek hakkında öngörüde bulunmak çok zordur. Bir defasında *"Dünün Yarını: Geleceğin Bir Tarihi"* adlı bir kitap yazmam gerektiğini düşündüm. Bu hemen hemen hepsi başarısız olan gelecek hakkındaki öngörülerin bir tarihi olurdu. Fakat bu başarısızlıklara karşın, bilim insanları hâlâ gelecek hakkında öngörüde bulunabileceklerini düşünüyorlar.

Daha eski zamanlarda gelecekten haber vermek kâhinlerin veya falcıların işiydi. Bunlar çoğu zaman bir ilaçla veya gaz çıkaran bir delikten çıkan dumanları soluyarak trans haline geçen kadınlardı. Daha sonra onların saçma sözleri çevredeki papazlar tarafından yorumlanırdı. Gerçek beceri bu yorumlamadaydı. Eski Yunanistan'da Delphi'deki ünlü kâhin, iddialarında çift taraflı bahse girişmesiyle veya belirsiz olmasıyla ünlüydü. Spartalılar, Persler Yunanistan'a saldırdığında ne olacağını sorduklarında, kâhin "ya Sparta yıkılacak ya da kralı öldürülecek" şeklinde yanıt verdi. Kanımca papazlar bu olayların hiçbiri olmazsa, Spartalıların kâhinin yanılmış olmasına

[1] Ocak 1991'de Cambridge Üniversitesi'nde yapılan Darwin hakkında konuşmanın metni.

önem vermeyecek kadar Apollo'ya müteşekkir olacaklarını hesap ediyorlardı. Gerçekten kral Sparta'yı kurtaran ve Perslerin kesin yenilgisine yol açan olayda Thermopylae'deki geçidi savunurken öldürüldü.

Bir başka olayda, Dünya'daki en zengin adam olan Lidya kralı Croesus eğer İran'ı istila ederse ne olacağını sordu. Bunun yanıtı büyük bir krallığın düşeceği şeklindeydi. Croesus bunun İran İmparatorluğu anlamına geldiğini düşündü, fakat düşen kendi krallığıydı ve kendini canlı canlı yakılmak üzere bir odun yığını üzerinde buldu.

Son zamanların kıyamet peygamberleri dünyanın sonu için belirli tarihler vererek boy göstermeye daha istekliler. Hatta bunlar borsaya baskı yapma eğiliminde de olmuşlardır. İnsanların, dünyanın sonu geliyor diye, ellerindeki hisse senetlerini satmalarını da doğrusu hiç anlamıyorum. Herhalde ne senetleri, ne de parayı yanınıza alabilirsiniz.

Şimdiye kadar Dünya'nın sonu için belirlenmiş tarihlerin hepsi olaysız geçmiştir. Fakat çoğu zaman peygamberlerin ortadaki başarısızlıkları için bir açıklamaları olmuştur. Örneğin Seventh-Day Adventists'in kurucusu William Miller İkinci Geliş'in 21 Mart 1843 ile 21 Mart 1844 arasında olacağı çıkarımında bulundu. Hiçbir şey olmayınca, tarih 22 Ekim 1844 olacak şekilde değiştirildi. O tarih de hiçbir şey olmadan geçince, yeni bir yorum ileri sürüldü. Buna göre, 1844 yılı İkinci Geliş'in başlangıcıydı; fakat ilk olarak Kutsal Kitap'taki isimlerin sayılması gerekiyordu. Ancak o zaman Kutsal Kitap'ta olmayanlar için Yargı Günü gelecekti. Neyse ki sayma işinin uzun zaman aldığı anlaşılıyor.

Kuşkusuz bilimsel öngörüler kâhinler ve peygamberlerinkilerden daha fazla güvenilir olmayabilir. Yalnızca hava tahminleri örneğini düşünmek yeterlidir. Fakat güvenilir öngörülerde bulunabileceğimizi düşündüğümüz belli durumlar vardır ve çok büyük bir ölçekte evrenin geleceği bunlardan biridir.

Geçen üç yüzyıl yılda, tüm normal durumlarda maddeyi yöneten bilimsel yasaları keşfettik. Hâlâ çok uç durumlarda maddeyi yöneten yasaları bilmiyoruz. Bu yasalar evrenin nasıl başladığını anlamak için önemlidir, fakat evren yüksek bir yo-

ğunluk durumuna tekrar çökmedikçe veya çökene kadar, onun gelecekteki evrimini etkilemezler. Aslında, şimdi onları test etmek için dev parçacık hızlandırıcıları inşa etmek üzere büyük miktarlarda para harcamak zorunda olmamız bu yüksek enerji yasalarının, evreni ne kadar az etkilediğinin bir ölçüsüdür.

Evreni yöneten yasaları bilebilsek de, onları uzak geleceğe yönelik öngörüde bulunmak üzere kullanamayabiliriz. Bunun nedeni, fizik denklemlerinin çözümlerinin kaos olarak bilinen bir özellik gösterebilmeleridir. Bunun anlamı, denklemlerin dengesiz olabilmeleridir: Bir an sistemin durumunu küçük bir miktar değiştirin, sistemin daha sonraki davranışı kısa sürede tamamen farklı olabilir. Örneğin bir rulet tekerleğini döndürme tarzınızı biraz değiştirirseniz, gelen numarayı değiştirirsiniz. Çıkacak sayıyı öngörmek pratikte olanaksızdır; aksi takdirde fizikçiler kumarhanelerde servet kazanırlardı.

Dengesiz ve kaotik sistemlerde, genellikle, ilk durumdaki küçük bir değişikliğin iki katı kadar büyük bir değişikliğe evrileceği bir zaman ölçeği vardır. Dünya'nın atmosferi durumunda bu zaman ölçeği beş gün kadardır, bu da yaklaşık olarak, havanın Dünya çevresinde tam bir dolanımı için gereken zamandır. Beş güne kadar periyotlarla yeterince hassas hava tahminleri yapılabilir, fakat daha ilerisi için hava tahmininde bulunmak için, hem atmosferin o anki durumunun çok hassas bilgilerine sahip olmak, *hem de* olağanüstü karmaşık bir hesaplama yapmak gerekir. Altı ay sonrasının havasını mevsimsel ortalama vermek dışında öngörüde bulunmanın bir yolu yoktur.

Kimya ve biyolojiyi yöneten temel yasaları da biliyoruz, bu yüzden ilke olarak beynin nasıl çalıştığını belirleyebilmeliyiz. Fakat beyni yöneten denklemlerin hemen hemen kesinlikle kaotik davranışları vardır, ilk durumda çok küçük bir değişiklik çok farklı bir çıktıya yol açabilir. Böylece pratikte onu yöneten yasaları bilsek de insan davranışını öngöremeyiz. Bilim insan toplumunun geleceğini ya da herhangi bir geleceği olup olmadığını öngöremez. Tehlike, ortama zarar verme veya ortamı ya da birbirimizi yıkma gücümüzün, bu gücü kullanmaktaki aklımızdan çok daha hızlı şekilde artmakta oluşundadır.

Dünya'da ne olursa olsun, evrenin geri kalanı kayıtsız olarak yaşamını sürdürecektir. Göründüğü kadarıyla Güneş'in etrafındaki gezegenlerin hareketi, uzun bir zaman ölçüsüyle olsa da, son derece kaotiktir. Bu da herhangi bir öngörüdeki hataların zaman geçtikçe büyüdüğü anlamına gelir. Belirli bir süre sonra hareketi ayrıntılı olarak öngörmek olanaksız hale gelir. Oldukça uzun bir süre yeryüzünün Venüs'le yakın bir karşılaşması olmayacağından oldukça emin olabiliriz, fakat yörüngelerdeki küçük bozulmaların toplamının bir milyar yıl sonra böyle bir karşılaşmaya yol açmayacağından emin olamayız. Güneş'in ve galaksi çevresindeki diğer yıldızların ve yerel galaksiler grubunda galaksinin hareketleri de kaotiktir. Diğer galaksilerin bizden uzağa ilerlediklerini gözlemleriz ve bizden ne kadar uzaksalar o kadar hızlı olarak uzaklaşmaktadırlar. Bu da evrenin yakınımızda genişlediği anlamına gelir. Farklı galaksiler arasındaki uzaklıklar zamanla artmaktadır.

Bu genişlemenin düzgün olduğu, kaotik olmadığının kanıtı yıldızlar arası uzaydan geldiğini gözlemlediğimiz bir mikrodalga ardalan ışımasıyla verilmiştir. Televizyonunuzu boş bir kanala ayarlayarak bu ışımayı gerçekte kendiniz de gözlemleyebilirsiniz. Ekranda gördüğünüz beneklerin küçük bir yüzdesi güneş sistemimizin ötesinden gelen mikrodalgalar nedeniyle oluşur. Bu bir mikrodalga fırında elde ettiğinizle aynı tür ışımadır, fakat çok daha zayıftır. Yiyecekleri yalnızca mutlak sıfır sıcaklığın 2,7 derece yukarısına çıkarır, bu yüzden, taşıdığınız pizzayı ısıtmakta fazla işe yaramaz. Bu ışınımın evrenin sıcak bir erken aşamasından kaldığı düşünülüyor. Fakat bu konudaki en dikkate değer şey ışınım miktarının her yönden çok yaklaşık olarak aynı görünmesidir. Bu ışınım *Cosmic Background Explorer* [*Kozmik Ardalan Kaşifi*] uydusu tarafından çok hassas olarak ölçülmüştür. Bu gözlemlerden yapılmış bir gökyüzü haritası farklı ışınım sıcaklıklarını gösterecektir. Bu sıcaklıklar farklı yönlerde farklıdır, fakat değişiklikler azdır, yalnızca yüz binde bir kadardır. Fakat değişik yönlerden mikrodalgalarda bazı farklılıklar olmalıdır, çünkü evren tamamen düzgün değildir; yıldızlar, galaksiler ve galaksi kümeleri gibi yerel düzensizlikler vardır. Ancak mikrodalga ardalanında de-

ğişiklikler olabileceği kadar küçük, gözlemlediğimiz yerel düzensizliklere uyumludur. 100.000'de 99.999 olarak mikrodalga ardalan her yönde aynıdır.

Eski zamanlarda insanlar yeryüzünün evrenin merkezinde olduğuna inanıyorlardı. Bu yüzden ardalan ışımasının her yönde aynı olmasına şaşırmazlardı. Ancak Kopernik'in zamanından beri, yalnızca görebildiğimiz yüz milyar galaksiden biri olan tipik bir galaksinin dış kenarında çok ortalama bir yıldızın etrafında dolanan küçük bir gezegene indirgenmiş bulunuyoruz. Şimdi o kadar alçakgönüllüyüz ki, evrende herhangi bir özel konum iddiasında bulunamayız. Bu yüzden ardalan ışımasının herhangi bir başka galaksi etrafında da her yönde aynı olduğunu varsaymalıyız. Bu ancak evrenin ortalama yoğunluğu ve genişleme hızı her yerde aynıysa mümkündür. Büyük bir bölgede ortalama yoğunlukta veya genişleme hızında herhangi bir değişkenlik mikrodalga ardalanının farklı yönlerde farklı olmasına yol açardı. Bu, çok büyük bir ölçekte evrenin davranışının basit olduğu, kaotik olmadığı anlamına gelir. Bu yüzden uzak geleceğe öngörüde bulunulabilir.

Evrenin genişlemesi o kadar tek biçimli olduğu için, onu tek bir sayı ile, iki galaksi arası uzaklıkla tanımlayabiliriz. Bu şimdiki zamanda artmaktadır, fakat farklı galaksiler arasındaki kütleçekimin genişleme hızını yavaşlatması beklenir. Eğer evrenin yoğunluğu belli bir kritik değerin üzerinde olursa, kütleçekim çekişi sonunda genişlemeyi durduracak ve evrenin yeniden büzülmesine yol açacaktır. Evren bir büyük çöküş halinde sonlanacaktır. Bu evreni başlatan Büyük Patlamaya çok benzeyen bir şey olacaktır. Büyük çöküş, tekillik denen, fizik yasalarının çalışmadığı bir sonsuz yoğunluk durumu olacaktır. Bu, büyük çöküşten sonra olaylar olsa bile neler olduğunun öngörülemeyeceği anlamına gelir. Fakat olaylar arasında nedensel bir bağlantı olmadan, bir olayın bir diğerinden sonra olduğunu söylemenin anlamlı bir şekli olmaz. Evrenimizin büyük çöküşte bir sona ulaştığı, ondan "sonra" oluşan olayların başka, ayrı bir evrenin bir kısmı olduğu da söylenebilir. Bu biraz reenkarnasyon gibidir. Eğer bebek daha önceki yaşamından herhangi bir özellik veya anıya sahip değilse, yeni bir be-

beğin ölen birisinin aynısı olduğunu ileri sürmeye ne anlam verilebilir. Onun farklı bir birey olduğu da söylenebilir.

Eğer evrenin ortalama yoğunluğu kritik değerden azsa, yeniden çökmeyecek, sonsuza kadar genişlemeye devam edecektir. Belli bir süre sonra yoğunluk o kadar düşük olacaktır ki, kütleçekimin genişlemeyi yavaşlatmada önemli bir etkisi olmayacaktır. Galaksiler sabit bir hızla ayrılmaya devam edeceklerdir.

Bu yüzden evrenin geleceği için can alıcı soru ortalama yoğunluğun ne olduğudur. Eğer kritik değerden azsa, evren sonsuza kadar genişleyecektir. Fakat daha büyükse, evren yeniden çökecek ve zamanın kendisi büyük çöküşte bir sona ulaşacaktır. Fakat kıyametin diğer peygamberlerinin üzerinde belli avantajlarım var. Evren yeniden çökecekse bile en azından on milyar yıl genişlemeyi durdurmayacağını emin şekilde tahmin edebilirim. Bunun yanlış olduğunun kanıtlanmasına yetecek kadar uzun süre ortada olacağımı sanmam.

Evrenin ortalama yoğunluğunu gözlemlerden çıkarmaya çalışabiliriz. Görebildiğimiz yıldızları sayar ve kütlelerini toplarsak kritik yoğunluğun yüzde birinden daha azını buluruz. Evrende gözlemlediğimiz gaz bulutlarının kütlelerini eklesek bile bu, toplamı hâlâ yalnızca kritik değerin yüzde biri kadar bir değere getirir. Ancak evrenin aynı zamanda doğrudan gözlemleyemediğimiz karanlık madde denen şeyi de taşıması gerektiğini biliyoruz. Bu karanlık madde konusunda bir kanıt parçası sarmal galaksilerden gelir. Bunlar muazzam, gözleme şekilli yıldız ve gaz topluluklarıdır. Onların merkezleri etrafında döndüklerini gözlemleriz; fakat dönme hızları, eğer yalnızca gözlemlediğimiz yıldızları ve gazı taşısalar, uçup ayrılacakları kadar yüksektir. Galaksiler dönerken onları birarada tutmaya yetecek kadar yüksek kütleçekimi olan görülmeyen bir madde biçimi var olmalıdır.

Karanlık madde konusunda bir başka kanıt parçası galaksi kümelerinden gelir. Galaksilerin uzayda düzgün bir şekilde dağılmamış olduklarını gözlemleriz; birkaç galaksiden milyonlarcasına kadar uzanan kümeler halinde biraraya toplanmışlardır. Tahminen bu kümeler galaksilerin birbirlerini kü-

meler haline çekmeleri nedeniyle oluşmuştur. Ancak tek tek galaksilerin bu kümelerde hareket etme hızlarını ölçebiliriz. Bu hızların, kütleçekimle birarada tutulmadıkları takdirde, kümelerin ayrılıp uçacakları kadar yüksek olduğunu buluruz. Gerekli kütle tüm galaksilerin kütlesinden önemli ölçüde daha büyüktür. Galaksilerin dönerlerken onları birarada tutacak kütlelere sahip olduklarını düşünsek bile durum budur. Bu nedenle, galaksi kümelerinde, gördüğümüz galaksilerin dışında fazladan karanlık madde olmalıdır.

Kendileriyle ilgili kesin kanıtlara sahip olduğumuz galaksiler ve kümelerdeki karanlık maddenin miktarı konusunda oldukça güvenilir bir tahminde bulunulabilir. Fakat bu tahmin, hâla, evrenin yeniden çökmesine yol açacak kritik yoğunluğun yalnızca yüzde onu kadardır. Bu yüzden yalnızca gözlemsel kanıtlardan gidersek, evrenin sonsuza kadar genişleyeceği çıkarımında bulunuruz. Başka bir beş milyar yıl kadar sonra Güneş nükleer yakıtını bitirecektir. Yeryüzünü ve diğer daha yakın gezegenleri yutana kadar şişerek kırmızı dev denen bir şey haline gelecektir. Daha sonra birkaç bin kilometre çapında bir beyaz cüce yıldızı haline gelecektir. Böylece ben Dünya'nın sonunu öngörüyorum, fakat henüz değil. Bu öngörünün borsayı fazla yıkacağını sanmam. Ufukta bir veya iki adet daha ivedi problem var. Ne olursa olsun, halihazırda kendimizi yok etmemiş olmamız koşuluyla, Güneş şişene kadar yıldızlar arası yolculuk sanatında uzmanlaşmış olmalıyız.

On milyar yıl kadar sonra evrendeki yıldızların çoğu yanıp tükenmiş olacaktır. Güneş'inki kadar kütlesi olan yıldızlar ya beyaz cüce ya da beyaz cücelerden daha da küçük ve daha yoğun olan nötron yıldızları haline geleceklerdir. Daha kütleli yıldızlar daha da küçük olan ve hiçbir ışığın kaçamadığı büyük bir kütleçekim alanı olan kara delikler haline gelebilirler. Fakat bu kalıntılar yine, yaklaşık olarak her yüz milyon yılda bir, galaksimizin merkezi çevresinde dolanmaya devam edecekler. Kalıntılar arasındaki yakın karşılaşmalar birkaçının galaksinin dışına fırlatılmasına yol açacaktır. Kalanlar merkez etrafında daha yakın yörüngelere yerleşecek ve sonunda galaksinin merkezinde dev bir kara delik oluşturmak üzere bi-

raraya geleceklerdir. Galaksiler ve kümeler içindeki karanlık madde ne olursa olsun, onun da bu çok büyük kara deliklere düşmesi beklenebilir.

Bu nedenle galaksiler ve kümelerdeki maddenin çoğunun sonunda kara delikler halinde son bulacağı varsayılabilir. Ancak bir süre önce kara deliklerin o kadar da kara olmadıklarını keşfettim. Kuantum mekaniğinin belirsizlik ilkesi parçacıkların hem iyi tanımlanmış bir konuma hem de iyi tanımlanmış bir hıza sahip olamayacaklarını söyler. Parçacığın konumu ne kadar daha hassas tanımlanırsa, hızı o kadar daha az hassas olarak belirlenebilir ve bunun tersi de doğrudur. Eğer bir parçacık bir kara delik içindeyse, onun konumu kara delikte olmak şeklinde iyi tanımlanmıştır. Bu hızının tam olarak tanımlanamayacağı anlamına gelir. Bu nedenle parçacığın hızının ışığın hızından büyük olması mümkündür. Bu onun kara delikten kaçmasına olanak verecektir. Böylece parçacıklar ve ışınım yavaş yavaş bir kara deliğin dışına sızar. Bir galaksinin merkezindeki bir dev kara delik milyonlarca kilometre çapında olur. Böylece onun içindeki parçacığın konumu konusunda büyük bir belirsizlik olur. Bu yüzden parçacığın hızındaki belirsizlik küçük olur ve bu da bir parçacığın bir kara delikten kaçmasının çok uzun bir zaman alacağı anlamına gelir. Fakat sonunda bunu yapar. Bir galaksinin merkezindeki büyük bir kara deliğin buharlaşması ve tamamen ortadan kaybolması 10^{90} (ya da doksan sıfırlı bir) yıl alabilir. Bu şimdilik evrenin yalnızca 10^{10} (on sıfırlı bir) olan yaşından çok daha uzundur. Eğer evren sonsuza kadar genişleyecekse, yine de çok zaman olacaktır.

Sonsuza kadar genişleyen bir evrenin geleceği oldukça sıkıcı olur. Fakat evrenin sonsuza kadar genişleyeceği hiçbir şekilde kesin değildir. Evrenin yeniden çökmesine yol açacak yoğunluğun yalnızca onda biri kadarı için kesin kanıtımız var. Ancak saptamamış olduğumuz, evrenin ortalama yoğunluğunu kritik değer veya onun yukarısına yükseltecek başka karanlık madde çeşitleri olabilir. Bu ek karanlık maddenin galaksilerin ve galaksi kümelerinin dışında bulunuyor olması gerekir. Aksi takdirde galaksilerin dönüşü veya kümelerdeki galaksilerin hareketi üzerindeki etkisini fark etmiş olurduk.

Evrenin sonunda yeniden çökmesini sağlayacak kadar karanlık maddenin mevcut olması gerektiğini neden düşünmeliyiz? Neden yalnızca kesin kanıtımız olan maddeye inanmayalım? Bunun nedeni şimdi kritik yoğunluğun onda birine bile sahip olmanın, ilk yoğunluğun ve genişleme hızının inanılmaz derecede dikkatli seçilmesini gerektirmesidir. Eğer Büyük Patlamadan bir saniye sonra, evrenin yoğunluğu bin milyarda bir kadar daha büyük olsaydı, evrenin on yıl sonra yeniden çökmüş olması gerekirdi. Diğer taraftan, eğer o zaman evrenin yoğunluğu aynı miktar kadar daha az olmuş olsaydı, evren yaklaşık on yaşında olduğundaki zamandan beri esas olarak boş olurdu.

Nasıl olmuş da evrenin ilk yoğunluğu o kadar dikkatlice seçilmiş? Belki evrenin tam olarak kritik yoğunluğa sahip olmasının bir nedeni vardır. İki mümkün açıklama var görünüyor. Biri antropik ilke denen şeydir, şu şekilde ifade edilebilir: Evren bu şekildedir, çünkü olduğu gibi olmasaydı, onu gözlemlemek üzere biz burada olmazdık. Fikir, farklı yoğunluklarda pek çok farklı evren olabileceğidir. Yalnızca kritik yoğunluğa çok yakın olanlar yıldızlar ve gezegenlerin oluşmasına yetecek kadar uzun süre ayakta kalabilir ve yeterince madde taşıyabilir. Ancak o evrenlerde "Yoğunluk neden kritik yoğunluğa bu kadar yakındır?" diye soracak akıllı yaratıklar olurdu. Eğer bu, evrenin şimdiki yoğunluğunun açıklamasıysa, evrenin halihazırda saptamış olduğumuzdan daha fazla madde taşıdığına inanmak için hiçbir neden yoktur. Kritik yoğunluğun onda biri galaksilerin ve yıldızların oluşmasına yeterli madde olurdu.

Fakat pek çok insan kendi varlığımıza çok fazla önem verir göründüğü için antropik ilkeyi beğenmez. Böylece yoğunluğun kritik değere neden o kadar yakın olması gerektiğinin bir başka mümkün açıklaması aranmıştır. Bu arayış evrenin ilk zamanlarında şişme teorisine yol açmıştır. Fikir, uç boyutta enflasyon yaşayan ülkelerde, birkaç ayda bir fiyatların ikiye katlanması gibi, evrenin büyüklüğünün de ikiye katlanmaya devam etmiş olabileceğidir. Ancak evrenin şişmesi çok daha hızlı ve çok daha büyük olurdu: Minik bir şişmede, en az milyar milyar milyarlık bir çarpan kadar artış, evrenin, şimdi

hâlâ kritik yoğunluğa çok yakın olacağı şekilde, tam kritik yoğunluğa o kadar yakın olmasına yol açardı. Böylece eğer şişme teorisi doğruysa, evrenin, yoğunluğunu kritik yoğunluğa yaklaştırmaya yeterli miktarda karanlık madde taşıması gerekir. Bu, evrenin büyük olasılıkla sonunda yeniden çökeceği, fakat bunun halihazırda genişlemekte olduğu on beş milyar kadar yıldan çok daha uzun sürmeyeceği anlamına gelir.

Eğer şişme teorisi doğruysa, olması gereken karanlık madde ne olabilir. Göründüğü kadarıyla o büyük olasılıkla normal maddeden, yıldızları ve gezegenleri yapan maddeden farklıdır. Büyük Patlamadan sonraki ilk üç dakikada evrenin erken sıcak aşamalarında üretilmiş olması gereken çeşitli hafif elementlerin miktarlarını hesaplayabiliriz. Bu hafif elementlerin miktarları evrendeki normal maddenin miktarına dayanır. Evrendeki hafif element miktarları düşey ve evrendeki normal maddenin miktarı yatay eksende gösterilmiş olmak üzere bir grafik çizilebilir. Eğer şimdi normal maddenin toplam miktarı yalnızca kritik miktarın yüzde onu kadarsa, gözlemlenmiş miktarlarla iyi bir uyum sağlanır. Bu hesaplamalar yanlış olabilir, fakat çeşitli farklı elementler için gözlemlenmiş miktarları elde etmemiz oldukça etkileyicidir.

Eğer karanlık maddenin bir kritik yoğunluğu varsa, onun ne olabileceği konusundaki ana adaylar evrenin çok erken aşamalarından kalıntılar olurdu. Bir olasılık temel parçacıklardır. Çeşitli varsayımsal adaylar, var olabileceklerini düşündüğümüz fakat henüz gerçekten saptamamış olduğumuz parçacıklar vardır. Bunlar içinde en çok gelecek vaat edeni ve en iyi kanıtlarımız olan bir parçacık, nötrinodur. Nötrinonun kendisinin hiç kütlesi olmadığı düşünülmüştü, fakat bazı yeni gözlemler nötrinonun küçük bir kütlesi olabileceği fikrini vermiştir. Eğer bu doğrulanır ve doğru değerde olduğu bulunursa, nötrinolar evrenin yoğunluğunu kritik değere getirmeye yeterli kütle sağlarlar.

Bir başka olasılık kara deliklerdir. Evrenin erken zamanlarında faz geçişi denen bir aşamadan geçmiş olması mümkündür. Suyun kaynaması ve donması faz geçişi örnekleridir. Bir faz geçişinde, su gibi başlangıçta tek biçimli olan bir ortam

düzensizlikler geliştirir. Su örneğinde, bu düzensizlikler buz çıkıntıları veya buhar kabarcıklarıdır. Bu düzensizlikler bir kara delik oluşturmak üzere çökebilir. Eğer kara delikler çok küçüklerse, daha önce açıkladığım gibi, kuantum mekaniksel belirsizlik ilkesinin etkileri nedeniyle, şimdiye kadar buharlaşmış olurlardı. Fakat eğer birkaç milyar tonun (bir dağın kütlesi) üzerindeyseler, bugün hâlâ ortada olurlar ve saptanmaları çok zor olur.

Evrenin her tarafına tek biçimli olarak dağılmış olan karanlık maddeyi saptamamızın tek yolu evrenin genişlemesi üzerindeki etkisi olur. Uzak galaksilerin bizden uzaklaşmalarının hızını ölçerek, genişlemenin ne hızla yavaşladığını belirleyebiliriz. Burada sorun bizim galaksileri, uzak geçmişte, ışığın onlardan bize doğru yola çıktığı zamanda gözlemliyor olmamızdır. Galaksilerin hızının, görünürdeki parlaklık ve büyüklüklerine (bu onların bizden uzaklıklarının bir ölçütüdür) göre bir grafiği çizilebilir. Bu grafikteki farklı çizgiler genişlemenin farklı yavaşlama hızlarına karşılık gelir. Bükülen bir grafik yeniden çökecek bir evrene karşılık gelir. İlk bakışta gözlemler yeniden çöküşü gösterir görünüyorlar. Fakat sorun şu ki, bir galaksinin görünürdeki parlaklığı onun bizden uzaklığı konusunda çok iyi bir gösterge değildir. Söz konusu olan yalnızca galaksilerin yapılarından gelen parlaklıklarında önemli farklılıklar olması değildir, aynı zamanda parlaklığın zamanla değiştiği konusunda da kanıt vardır. Parlaklığın evrimiyle ilgili olarak ne kadar bir miktarın hesaba katılması gerektiğini bilmediğimiz için, henüz yavaşlamanın hızının ne olduğunu, evrenin sonunda tekrar çökmesine yetecek kadar yüksek olup olmadığını veya evrenin sonsuza kadar genişlemeye devam edip etmeyeceğini söyleyemeyiz. Bunun yanıtını bulmak için galaksilerin uzaklıklarını ölçmenin daha iyi yollarını geliştirmemize kadar beklemek zorundayız. Fakat yavaşlamanın hızının evrenin gelecek birkaç milyar yıl içinde çökeceği kadar yüksek olmadığından emin olabiliriz.

Ne sonsuza kadar genişleme, ne de bir yüz milyar yıl kadar süre içinde yeniden çökme o kadar heyecan verici bir olasılık

değildir. Geleceği daha ilginç kılmak için yapabileceğimiz bir şey yok mudur? İşe yarayacağı kesin olan bir yol, kendimizi bir kara deliğe götürmektir. Bu oldukça büyük, Güneş'in kütlesinden bir milyon defadan fazla büyük bir kara delik olmalıdır. Fakat galaksimizin merkezinde o kadar büyük bir kara delik olması konusunda büyük bir olasılık vardır.

Bir kara deliğin içinde ne olduğu konusundan çok emin değiliz. İnsanın bir kara deliğin içine düşmesine ve bir başka yerde bir beyaz delikten çıkmasına olanak veren genel görelilik denklemleri çözümleri vardır. Bir beyaz delik bir kara deliğin zamanı ters çevrilmiş olanıdır. Bu şeylerin dışarı çıkabildiği fakat hiçbir şeyin içine düşemediği bir cisimdir. Beyaz delik evrenin bir başka kısmında olabilir. Bu, galaksiler arası hızlı yolculuk olanağı sunar görünür. Sorun bunun çok fazla hızlı olabilecek olmasındadır. Eğer kara deliklerden geçerek yolculuk mümkün olsaydı, yola çıkmadan önce geri dönmenizi engelleyecek bir şey yok gibi görünürdü. O zaman ilk ağızda gitmenizi engellemiş olacak olan annenizi öldürmek gibi bir şey yapabilirdiniz.

Belki bizim (ve annelerimizin) hayatta kalmamız açısından sevindiricidir ki, göründüğü kadarıyla fizik yasaları bu tür bir zaman yolculuğuna olanak vermez. Geçmişe yolculuğu engelleyerek dünyayı tarihçiler için güvenilir kılan bir Kronoloji Koruma Kurumu var olmalıdır. Belirsizlik ilkesinin etkilerinin geçmişe yolculuk yapıldığında büyük miktarda ışınıma yol açacağı anlaşılmaktadır. Bu ışınım ya uzayzamanı o kadar çarpıtacaktır ki, zaman içinde geri gitmek mümkün olmayacaktır ya da uzayzamanın Büyük Patlama ve büyük çöküş gibi bir tekillikte sona ermesine yol açacaktır. Her iki durumda da geçmişimiz kötü niyetli kişilere karşı emniyette olur. Kronoloji Koruma Kurumu önermesi benim ve başkalarının yaptığı bazı yeni hesaplarla desteklenmektedir. Fakat zaman yolculuğunun mümkün olmadığı ve hiçbir zaman olmayacağı konusunda sahip olduğumuz en iyi kanıt gelecekten turist sürüleri tarafından istila edilmemiş olmamızdır.

Özetlersek: Bilim insanları evrenin, ilke olarak geleceğin öngörülmesine olanak veren, iyi tanımlanmış yasalarla yöne-

tildiğine inanırlar. Fakat yasaların verdiği hareket çoğu zaman kaotiktir. Bu, ilk durumdaki herhangi bir minik değişikliğin onun ardından gelen davranışta hızla büyüyen bir değişikliğe yol açabileceği anlamına gelir. Böylece pratikte geleceğe doğru yalnızca oldukça kısa süreyi hassas şekilde öngörebiliriz. Ancak çok büyük bir ölçekte evrenin davranışı kaotik değil, basit görünüyor. Bu nedenle evrenin sonsuza kadar genişleyip genişlemeyeceği veya sonunda yeniden çöküp çökmeyeceği konusunda öngörüde bulunulabilir. Bu evrenin şimdiki yoğunluğuna bağlıdır. Aslında şimdiki yoğunluk yeniden çökmeyi belirsiz genişlemeden ayıran kritik yoğunluğa çok yakın görünüyor. Eğer şişme teorisi doğruysa, evren gerçekte bir bıçağın ucundadır. Bu yüzden her iki yönde öngörüde bulunarak çift bahiste bulunduğum için kâhinlerin ve peygamberlerin yerleşik geleneğiyle hareket ediyorum.

14

ISSIZ ADA DİSKLERİ-BİR SÖYLEŞİ

BBC'nin "Desert Island Discs" (Issız Ada Diskleri) programı 1942 yılında yayına başlamıştır ve radyoda en uzun süre yayınlanan programdır, şimdiye kadar Britanya'da ulusal bir gelenek gibi olmuştur. Konuklar dizisi yıllarca muazzam ilgi görmüştür. Programda yazarlar, müzisyenler, film aktörleri ve yöneticileri, spor şahsiyetleri, komedyenler, şefler, bahçıvanlar, öğretmenler, dansçılar, politikacılar, kraliyet mensupları, karikatüristler ve bilim insanlarıyla söyleşiler yapılmıştır. Her zaman, kazazade olarak sözedilen konuklara ıssız bir adada yalnız kalacak olsalar hangi sekiz plağı yanlarına alacakları sorulur. Konuklara ayrıca yanlarında olmasını istedikleri lüks bir cisim (cansız olmalı) ve bir kitap adı sorulur. (Uygun bir dini metnin –İncil, Kuran veya eşdeğeri bir cilt– Shakespeare'in eserleriyle birlikte halihazırda orada olduğu varsayılır) Plakları çalacak araçların var olduğu kabul edilir. Programı tanıtan eski açıklamalarda "..bir gramofon ve plakları çalacak sonsuz miktarda gramafon iğnesinin var olduğu varsayılıyor" denirdi. Bugün güneş enerjili bir CD çaların plakları dinleme aracı olduğu kabul ediliyor.

Program haftalık yayınlanır ve normal olarak kırk dakika süren söyleşi sırasında konuğun seçtiği plaklar çalınırdı. An-

cak 1992 yılbaşında yayınlanan Stephen Hawking'le yapılan bu söyleşi bir istisnaydı ve daha uzun sürdü.

Söyleşiyi yapan Sue Lawley'dir.

SUE: Kuşkusuz birçok yönden, Stephen, normal fiziksel yaşamdan kopuk ve doğal iletişim olanaklarından yoksun olarak, ıssız bir adada yalnız kalmak halihazırda senin bildiğin bir şey. Bu senin için ne ölçüde bir yalnızlıktır?

STEPHEN: Kendimi normal yaşamdan kopuk görmüyorum ve çevremdeki insanların bunu söyleyeceğini de sanmam. Kendimi engellenmiş biri olarak hissetmiyorum, yalnızca motor nöron hastalığının kötü fonksiyonlarına sahip biri, daha çok sanki renk körü gibiyim. Yaşamımın pek alışılmış olarak tanımlanamayacağı kanısındayım, fakat ruhen normal olduğunu hissediyorum.

SUE: Yine de "*Desert Island Discs*" programında yer alan diğer kazazadelerden farklı olarak, sen halihazırda zihnen ve entelektüel yönden kendine yeterli olduğunu, kendini meşgul etmeye yeterli teorilerin ve esin kaynağın olduğunu kanıtlamış durumdasın.

STEPHEN: Sanırım ben doğal olarak biraz içe dönüğüm ve iletişimdeki güçlüklerim beni kendime güvenmeye zorladı. Fakat bir çocukken çok konuşkandım. Hareketeye geçirilmek için diğer insanlarla tartışma gereksinimi duyarım. Fikirlerimi başkalarına anlatmayı çalışmalarımda çok yardımcı olan bir şey olarak görüyorum. Herhangi bir öneride bulunmasalar bile yalnızca başkalarına açıklayabilmek için düşüncelerimi toparlamak zorunda olmam gerçeği bana yeni bir ilerleme yolu gösterir.

SUE: Ya duygusal doyuma ne dersin Stephen? Parlak bir fizikçinin bile bunu bulmak için diğer insanlara gereksinimi olmalıdır.

STEPHEN: Fizikte her şey çok iyi ama tamamen soğuktur. Yalnızca fiziğe sahip olsaydım yaşamımı sürdüremezdim. Başka herkes gibi benim de sıcaklığa, sevgiye ve şefkate ihtiyacım var. Yine, çok miktarda sevgi ve şefkat

bulmakta çok talihliyim, benim yetersizliklerim olan pek çok insandan çok daha talihliyim. Müzik de benim için çok önemlidir.

SUE: Hangisi daha çok zevk veriyor, fizik mi, müzik mi?

STEPHEN: Fizikte her şey başarılı olduğunda aldığım zevkin müzikte aldığım zevkten daha yoğun olduğunu söylemek zorundayım. Fakat insanın kariyerinde işlerin böyle gitmesi ancak birkaç kez olur, diğer taraftan bir plak ne zaman istenirse çalınabilir.

SUE: Issız adanda çalacağın ilk plak nedir?

STEPHEN: Poulenc'ten *Gloria*. Onu ilk olarak geçen yaz Colorado, Aspen'de dinledim. Aspen esas olarak bir kayak merkezidir, fakat yazın orada fizik toplantıları olur. Fizik merkezinin bitişiğinde müzik festivali yapılan çok büyük bir çadır vardır. Kara delikler buharlaştığı zaman ne olacağını incelemeye oturduğunuzda provaları duyabilirsiniz. Bu idealdir, benim iki büyük zevkim fizik ve müziği birleştirir. Eğer ıssız adamda her ikisine de sahip olabilirsem, kurtarılmak istemem. Teorik fizikte herkese söylemek istediğim bir keşif yapana kadar yani. Sanırım fizik yazılarını elektronik postayla alabileceğim bir çanak anten kurallara aykırı olurdu.

SUE: Radyo fiziksel yetersizlikleri gizleyebilir, fakat bu defa başka bir şeyi gizliyor. Stephen sen yedi yıl önce sözcüğün gerçek anlamıyla sesini kaybettin. Ne olduğunu anlatabilir misin?

STEPHEN: 1985 yazında Cenevre'de büyük parçacık hızlandırıcısı CERN'deydim. Wagner'in Ring operalarını dinlemek üzere Almanya'da Beyrut'a gitmeyi düşünüyordum, fakat zatürree oldum ve acele hastaneye götürüldüm. Cenevre'deki hastane eşime yaşam destek ünitesine bağlı kalmamın bir yararı olmadığını söylemişti. Fakat o böyle bir şey düşünmüyordu. Uçakla geriye Cambridge'te Addenbrookes hastanesine götürüldüm, orada Roger Grey adlı bir cerrah "tracheostomy"

(nefes borusunu açma) ameliyatı yaptı. Bu ameliyat benim hayatımı kurtardı, fakat sesimi aldı.

SUE: Fakat zaten o zamana kadar sesin çok bozulmuştu ve anlaşılması zor haldeydi değil mi? Bu yüzden belki de konuşma yetin eninde sonunda seni terk edecekti, öyle değil mi?

STEPHEN: Sesimin çok bozulmuş ve anlaşılması çok zor olmasına karşın, bana yakın insanlar hâlâ beni anlayabiliyorlardı. Bir çevirmen yardımıyla seminerler verebiliyor ve bilimsel yazıları dikte ettirebiliyordum. Fakat ameliyatımdan sonra bir süre için mahvolmuştum. Sesimi geri alamazsam yaşama devam etmenin anlamı olmayacağını hissettim.

SUE: Daha sonra California'dan bir bilgisayar uzmanı senin kötü durumunu duydu ve sana bir ses yolladı. Nasıl çalışıyor?

STEPHEN: Onun adı Walt Woltosz'du. Kayınvalidesi de benim hastalığıma yakalanmıştı ve onun iletişimine yardımcı olmak üzere bir bilgisayar programı geliştirmişti. Ekranda bir imleç hareket ediyor. İstediğiniz seçenekte olduğu zaman baş veya göz hareketiyle veya benim durumunda elle bir düğmeyi çalıştırıyorsunuz. Bu şekilde ekranın alt yarısında yazılı olan sözcükleri seçebilirsiniz. Söylenmek istenen oluşturulunca bir konuşma sentezcisine gönderilebilir veya diskte saklanabilir.

SUE: Fakat bu yavaş olur.

STEPHEN: Yavaş, kabaca normal konuşmanın onda biri kadar hızlıdır. Fakat konuşma sentezcisi benim daha önce olduğumdan çok daha nettir. İngilizler onu Amerikan aksanı olarak tanımlıyorlar, fakat Amerikalılar İskandinav veya İrlanda aksanı olduğunu söylüyorlar. Her ne olursa olsun herkes onu anlayabiliyor. Büyük çocuklarım kötüleşirken doğal sesime alıştılar, fakat nefes borusunu açma ameliyatı olduğum günlerde henüz altı yaşında olan en küçük oğlum daha önceleri beni hiç anlayamıyordu. Şimdi hiçbir güçlük çekmiyor. Bu benim için çok anlamlı.

SUE: Bu aynı zamanda herhangi bir söyleşicinin sorularını bilmek ve ancak iyice hazır durumda olduğunda yanıt vermek isteyeceğin anlamına gelir. Öyle değil mi?

STEPHEN: Bunun gibi uzun, kayıtlı programlar için soruları bilmek yardımcı olabilir, böylece saatlerce teyp kaydına gereksinimim olmaz. Bir bakıma bu bana daha fazla kontrol sağlar. Fakat gerçekte sorulara anında yanıt vermeyi tercih ederim. Bunu seminerlerden ve popüler konferanslardan sonra yapıyorum.

SUE: Fakat söylediğin gibi, bu süreç senin kontrolün olduğu anlamına gelir ve bunun senin için çok önemli olduğunu biliyorum. Ailen ve arkadaşların bazen senin inatçı ve emirci olduğunu söylüyorlar. Bu tür nitelendirmeleri kabul ediyor musun?

STEPHEN: Herhangi bir kararlılığı olan biri bazen inatçı olarak isimlendirilir. Ben kararlı olduğumu söylemeyi tercih ederim. Eğer oldukça kararlı olmamış olsaydım, şimdi burada olmazdım.

SUE: Sen her zaman böyle miydin?

STEPHEN: Yalnızca yaşamım üzerinde diğer insanlarla aynı derecede kontrol sahibi olmak isterim. Çoğu kez engelli insanların yaşamları başkaları tarafından yönetilir. Hiçbir sağlıklı insan buna tahammül etmez.

SUE: Senin ikinci plağını duyalım.

STEPHEN: Brahms'ın Keman Konçertosu. Bu benim satın aldığım ilk LP'di. 1957 yılındaydı, 33 devirli plaklar İngiltere'de yeni çıkmıştı. Babam bir pikap almayı sorumsuzca isteklere teslim olmak olarak görüyordu, fakat onu ucuza alacağım parçalardan bir pikap montajı yapabileceğime ikna ettim. Bu bir Yorkshire'lı olarak ona uygun geldi. Eski bir 78'lik gramofonun kasasına dönme mekanizmasını ve yükselticiyi yerleştirdim. Eğer onu korumuş olsaydım şimdi çok değerli olacaktı. Bu pikabı yaptıktan sonra çalacak bir şeye ihtiyacım vardı. Bir okul arkadaşım okulda bizim çevremizde kimsede olmadığı için Brahms'ın Keman Konçertosu'nu önerdi.

Otuz beş şilin ettiğini anımsıyorum. O günlerde, özellikle benim için, bu çok fazlaydı. Plak fiyatları yükselmiştir, ama gerçek anlamda bugün çok daha ucuzlar. Bu plağı ilk defa bir dükkanda duyduğumda çok tuhaf geldiğini düşündüm ve onu beğendiğime emin değildim. Fakat kendimi onu sevdiğimi söylemek zorunda hissettim. Ama yıllar sonra benim için çok anlamlı oldu. Yavaş bölümün başlangıcını çalmak isterim.

SUE: Bir eski aile dostunuz sen bir çocukken ailenin, aynen aktarayım, "son derece zeki, çok akıllı ve çok eksantrik" olduğunu söyledi. Geriye bakarak bunun haklı bir tanım olduğunu düşünür müsün?

STEPHEN: Ailemin zeki olup olmadığı konusunda konuşamam, fakat kuşkusuz biz eksantrik olduğumuzu hissetmiyorduk. Ancak oldukça ciddi bir yer olan St. Albans'ta yaşadığımızda oranın standartlarına göre öyle görünmüş olabiliriz.

SUE: Ve baban tropik hastalıklar uzmanıydı.

STEPHEN: Babam tropik hastalıklarda araştırma yaptı. Yeni ilaçları yerinde denemek üzere oldukça sık olarak Afrika'ya gidiyordu.

SUE: Bu durumda, annenin üzerinde daha fazla mı etkisi vardı, eğer öyleyse bu etkiyi nasıl tanımlarsın?

STEPHEN: Hayır, ben babamın daha fazla etkisi olduğunu söylerim. Kendime onu model aldım. O bir bilimsel araştırmacı olduğu için, insanın büyüdüğü zaman bilimsel araştırma yapmasının doğal bir şey olduğunu hissettim. Tek fark beni tıp veya biyolojinin çekmemesiydi, çünkü onların tam doğru olmaktan uzak olduklarını düşünüyordum ve çok fazla tanımlayıcı görünüyorlardı. Ben daha temel bir şey istedim ve bunu fizikte buldum.

SUE: Annen senin her zaman "güçlü bir macera duygusu" dediği şeye sahip olduğunu söyledi. "Yıldızların onu çekebileceğini görebiliyordum" dedi. Bunu anımsıyor musun?

STEPHEN: Bir gece Londra'dan eve geç gelişimi anımsıyorum. O günlerde tasarruf amacıyla sokak ışıklarını

gece yarısı söndürüyorlardı. Samanyolu tam karşımda olarak gökyüzünü daha önce hiç görmemiş olduğum bir şekilde gördüm. Issız adamda sokak lambaları olmayacak, bu yüzden yıldızların güzel bir manzarası olmalı.

SUE: Bir çocukken çok parlak olduğun açık, evde kız kardeşinle oyunlarda çok başarılıydın, fakat okulda hemen hemen sınıfta en sonda olabiliyordun ve buna aldırış etmiyordun değil mi?

STEPHEN: O benim St. Albans'taki ilk yılımdaydı. Fakat o sınıfın çok parlak bir sınıf olduğunu söylemeliyim ve ben sınavlarda sınıf çalışmasında olduğundan çok daha başarılı oluyordum. Gerçekte başarılı olabileceğimden emindim –benim o kadar altta bir yerde olmama yol açan şey yalnızca elyazım ve genel dağınıklığımdı.

SUE: Üç numaralı plak?

STEPHEN: Oxford'da bir lisans öğrencisiyken Aldous Huxley'in *Point Counterpoint [Ses Sese Karşı]* adlı romanını okudum. Bu roman 1930'ların bir portresi olarak düşünülmüştü ve muazzam karakterleri vardı. Bunların birçoğu doğal değildi, fakat oldukça insani olan biri vardı ve Huxley'in kendisinin modeli olduğu açıktı. Bu adam Sir Oswald Mosley'i temsil eden bir karakter olan İngiliz faşistlerinin liderini öldürdü. Daha sonra partiye bu işi kendisinin yapmış olduğunu bildirdi ve gramofona Beethoven'in String Quartet Op.132 nolu eserini koydu. Üçüncü kısmın ortasında kapıya yanıt verdi ve faşistler tarafından vuruldu. Bu gerçekten çok kötü bir roman, fakat Huxley müzik seçiminde doğruydu. Benim ıssız adamı örtecek bir med dalgasının yolda olduğunu bilseydim, bu quartetin üçüncü kısmını çalardım.

SUE: Matematik ve fizik eğitimi için, kendi hesaplarına göre ortalama günde bir saat çalıştığın Oxford'a, University College'a gittin. Okuduklarıma göre, kürek çektiğin, bira içtiğin ve insanlara aptalca şakalar yapmaktan zevk aldığın söyleniyor. Sorun neydi? Neden çalışamıyordun?

STEPHEN: Bu 50'lerin sonuydu ve genç insanların çoğu Establishment (Yerleşik düzen) denen şeyde hayal kırıklığına uğramışlardı. İstenecek maddi varlık ve daha fazla maddi varlıktan başka bir şey yok görünüyordu. Muhafazakarlar "Hiçbir zaman bu kadar iyi durumda olmadınız" sloganıyla üçüncü seçim zaferini yeni kazanmışlardı. Ben ve yaşıtlarımın çoğu yaşamdan bezmiştik.

SUE: Yine de öğrenci arkadaşlarının haftalarca çözemediği problemleri birkaç saatte çözmeyi başarıyordun. Söylediklerinden onların senin istisnai bir yeteneğin olduğunun farkında oldukları açık. Sen farkında mıydın, ne dersin?

STEPHEN: O zamanlar Oxford'da fizik dersi gülünç ölçüde kolaydı. Yalnızca haftada bir iki problem çözme dersine girip diğer derslere girmeden geçilebilirdi. Yalnızca birkaç denklem dışında çok fazla şey anımsamak gerekmiyordu.

SUE: Ellerin ve ayaklarının istediklerini pek yapmadığını ilk fark edişin Oxford'da değil miydi? O zamanlar bunu kendine nasıl açıkladın?

STEPHEN: Aslında fark ettiğim ilk şey doğru dürüst kürek çekemeyişim oldu. Daha sonra öğrenci odası merdivenlerinden kötü şekilde düştüm. Düşüşten sonra okul doktoruna gittim, çünkü bir beyin hasarı olabileceğinden korkuyordum. Fakat o anormal bir durum olmadığını düşünüyordu ve bana birayı azaltmamı söyledi. Oxford'daki finallerimden sonra yaz için İran'a gittim. Geri geldiğimde kesin olarak daha zayıftım, fakat bunun geçirdiğim kötü bir mide rahatsızlığından kaynaklandığını düşündüm.

SUE: Hangi noktada teslim oldun ve gerçekten bir sorun olduğunu kabul edip tıbbi yardım almaya karar verdin?

STEPHEN: O zaman Cambridge'teydim ve yılbaşında eve gittim. Bu 62'yi 63'e bağlayan çok soğuk bir kıştı. Pek istekli olmasam da, annem beni St. Albans'taki gölde kayak yapmaya ikna etti. Düştüm ve ayağa kalkmakta bü-

yük güçlük çektim. Annem bir sorun olduğunu kavradı. Beni aile doktoruna götürdü.

SUE: Daha sonra üç hafta hastanede kaldın ve sana en kötü şeyi söylediler.

STEPHEN: Aslında o Londra'daki Barts hastanesiydi. Çünkü babam Barts'ta çalışıyordu. Testler yapıldığı iki hafta süresince hastanede kaldım. Ancak bana hiçbir zaman gerçekten sorunun ne olduğunu söylemediler. MS olmadığını ve tipik bir durum olmadığını söylediler. Geleceğe ilişkin bir şey söylemediler, fakat ben geleceğe ilişkin düşüncelerinin oldukça kötü olduğunu anladım, bu yüzden sormak istemedim.

SUE: Ve sonunda aslında yalnızca birkaç yıl ömrün kaldığı söylendi. Stephen, öyküde bu noktada biraz duralım ve bir sonraki plağını dinleyelim.

STEPHEN: *Valkyrie*, Birinci Perde. Bu Melchior ve Lehmann'lı bir başka eski plak. Bu başlangıçta, savaştan önce 78'liklerde çıkmış ve 60'ların başlarında LP'ye aktarılmıştı. 1963 yılında motor nöron hastalığı teşhisi konulduktan sonra, içinde bulunduğum karanlık ve dünyadan kopuk ruh haline uygun biri olarak Wagner'e döndüm. Maalesef benim konuşma sentezcim çok iyi eğitilmiş değil, onu bir yumuşak W şeklinde telafuz ediyor. Yaklaşık olarak doğru sesin çıkması için bu ismi harf harf V-A-R-G-N-E-R olarak söylemeliyim. Dört *Ring* operası Wagner'in en büyük eserleridir. 1964 yılında kız kardeşim Philippa'yla Almanya Beyrut'da onları görmeye gittim. O zamanlar *Ring'i* iyi bilmiyordum ve ikinci opera *Valkyrie* benim üzerimde muazzam etki yaptı. Bu Wolfgang Wagner'in bir ürünüydü ve sahne hemen hemen tamamen karanlıktı. Konu çocuklukta ayrılan ikizler Siegmund ve Sieglinde'nin aşk öyküsüdür. Siegmund Sieglinde'nin eşi ve kendisinin düşmanı Hunding'in evine sığınınca tekrar karşılaşırlar. Benim seçtiğim bölümde Sieglinde Hunding'le zorla evlendirilişini anlatıyor. Kutlamaların ortasında yaşlı bir adam

salona gelir. Orkestra *Ring*'deki en soylu temalardan biri olan Valhalla motifini çalar, çünkü o tanrıların lideri ve Siegmund ve Sieglinde'nin babaları Wotan'dır. Wotan bir ağacın gövdesine bir kılıç saplar. Kılıç Siegmund için düşünülmüştür. Perdenin sonunda Siegmund onu çeker ve ikisi ormana kaçarlar.

SUE: Stephen senin hakkında yazılanları okuyunca, ölüm hükmünün, yaşayacak yalnızca birkaç yılın kaldığının sana söylenmiş olmasının seni uyandırmış, sözü uygun görürsen, seni yaşama bağlamış olduğu anlaşılıyor.

STEPHEN: Onun ilk etkisi beni yıkmaktı. Oldukça hızlı şekilde kötüleşir görünüyordum. Herhangi bir şey yapmanın veya doktoram üzerinde çalışmamın anlamı yok gibi göründü, çünkü doktoramı bitirmeye yetecek kadar uzun süre yaşayıp yaşamayacağımı bilmiyordum. Ama daha sonra her şey düzelmeye başladı. Hastalığım daha yavaş ilerler oldu ve özellikle evrenin Büyük Patlamada bir başlangıca sahip olmuş olması gerektiğini göstererek çalışmamda ilerlemeye başladım.

SUE: Bir söyleşide, şimdi hasta olmazdan öncesine göre daha mutlu olduğunu düşündüğünü bile söyledin.

STEPHEN: Kuşkusuz şimdi daha mutluyum. Motor nöron hastalığına yakalanmadan önce yaşamdan bezmiştim. Fakat erken bir ölüm olasılığı benim yaşamın gerçekten yaşanmaya değer olduğunu kavramamı sağladı. İnsanın yapabileceği çok şey var, herhangi bir insanın yapabileceği çok şey var. Durumuma rağmen insan bilgisine mütevazi ama önemli bir katkıda bulunduğumdan, gerçek bir başarı duygusuna sahibim. Kuşkusuz ben çok şanslıyım, fakat yeterince sıkı çalışırsa, herkes bir şey başarabilir.

SUE: Eğer motor nöron hastalığına yakalanmamış olsaydın, başarmış olduğun her şeyi başaramamış olabileceğini söyleyecek kadar ileri gider misin, yoksa bu fazla basitlik mi olur?

STEPHEN: Hayır, motor nöron hastalığının herhangi bir kişi için bir avantaj olabileceğini düşünmüyorum. Fakat bu benim için diğer insanlarda olduğundan daha az dezavantaj oldu, çünkü yapmak istediğimi yapmamı engellemedi. Yapmak istediğim şey, evrenin nasıl çalıştığını anlamaya çalışmaktı.

SUE: Hastalığı kabullenmeye çalışırken senin için diğer esin kaynağı bir partide tanıştığın ve âşık olup ardından evlendiğin Jane Wilde adlı bir genç hanımdı. Başarının ne kadarını ona, Jane'e borçlu olduğunu söyleyebilirsin?

STEPHEN: Kuşkusuz o olmasaydı başaramazdım. Onunla nişanlı olmak beni içinde bulunduğum umutsuzluk batağından çıkardı. Eğer evleneceksek, benim bir iş bulmam ve doktoramı bitirmem gerekiyordu. Sıkı çalışmaya başladım ve bundan hoşlandığımı fark ettim. Durumum kötüleşirken Jane tek başına bana baktı. O aşamada hiç kimse bize yardım önerisinde bulunmuyordu ve kesinlikle yardım almak için ödeme yapmaya gücümüz yetmiyordu.

SUE: Ve siz birlikte doktorlara meydan okudunuz, yalnızca yaşamaya devam ettiğin için değil, çocuklarınız da olduğu için. 1967'de Robert, 70'te Lucy ve daha sonra 79'da Timothy doğdu. Doktorlar şok oldular mı?

STEPHEN: Aslında bana teşhis koyan doktor benden ümidini kesmişti. Hiçbir şey yapılamayacağını düşünüyordu. İlk teşhisten sonra onu hiç görmedim. Gerçekte babam benim doktorum oldu ve tavsiye için ona döndüm. O bana hastalığın kalıtsal olduğu konusunda hiçbir belirti olmadığını söyledi. Jane bana ve iki çocuğa bakmayı başardı. Ancak 1974 yılında California'ya gittiğimizde dışardan yardım almak zorunda kaldık; önce bizimle kalan bir öğrenci, sonra hemşireler oldu.

SUE: Fakat sen ve Jane artık beraber değilsiniz.

STEPHEN: Benim nefes borusunu açma ameliyatımdan sonra yirmi dört saat hemşireye gereksinimim vardı. Bu

evliliğimizin üzerine gittikçe daha fazla gerilim getirdi. Sonunda ben taşındım ve artık Cambridge'te yeni bir apartman dairesinde yaşıyorum. Şimdi ayrı yaşıyoruz.

SUE: Biraz daha müzik dinleyelim.

STEPHEN: Beatles "Please Please Me." İlk dört oldukça ciddi seçimimden sonra biraz hafif şeyler dinlenmeye gereksinimim olur. Benim için ve birçok başkası için Beatles oldukça bayat ve hastalıklı pop sahnesine taze bir hava getirdi. Ben pazar akşamları Radio Luxembourg'da Top Twenty'yi dinlerdim.

SUE: Üzerine yığılan tüm onur nişanlarına rağmen Stephen Hawking –ve Cambridge'te Isaac Newton'un kürsüsü olan Lucas Matematik Profesörü statüsüne sahip olduğunu özel olarak belirtmeliyim– çalışmalarınla ilgili bir popüler kitap yazmaya karar verdin. Bunun çok basit bir nedeni olduğunu düşünüyorum. Paraya gereksinimin vardı.

STEPHEN: Bir popüler kitaptan mütevazi bir gelir elde edebileceğimi düşünürken, *Zamanın Kısa Tarihi*'ni yazışımın ana nedeni ondan zevk almamdı. Son yirmi beş yılda yapılmış olan keşiflerden heyecan duyuyordum ve bunları insanlara anlatmak istedim. Onun bu kadar iyi iş yapacağını hiç beklemiyordum.

SUE: Aslında tüm rekorları kırdı ve en çok satan kitaplar listesinde kaldığı süreyle ilgili olarak *Guinness Rekorlar Kitabı*'na girdi, hâlâ en çok satan kitaplar listesinde yer alıyor. Hiç kimse dünya çapında kaç kopya satıldığını bilmiyor, fakat on milyonu aştığına kuşku yok. İnsanlar onu satın alıyor, fakat şu soru sorulmaya devam ediliyor: Okuyorlar mı?

STEPHEN: Bernard Levin'in 29. sayfada kaldığını biliyorum, fakat pek çok kişinin daha ileri gitmiş olduğunu biliyorum. Dünyanın her tarafından insanlar bana gelip ondan ne kadar zevk aldıklarını anlatıyorlar. Onu bitirmemiş veya okudukları her şeyi anlamamış olabilirler. Fakat en azından keşfedebileceğimiz ve anlayabileceği-

miz rasyonel yasalarla yönetilen bir evrende yaşadığımız fikrini almışlardır.

SUE: İlk olarak halkın imgeleminine hitap eden ve kozmolojide yenilenen bir ilgi sağlayan şey kara delikler kavramı oldu. O tüm Star Trek'leri, "daha önce hiç kimsenin gitmediği bir yere cesaretle gitmek" vb'ni, izledin mi, eğer izlediysen hoşlandın mı?

STEPHEN: İlk gençlik yıllarımda pek çok bilimkurgu kitabı okudum. Fakat şimdi bu alanda kendim çalıştığım için bilimkurgu eserlerin çoğunu biraz basit buluyorum. Eğer işi tutarlı bir resmin parçası yapmak zorunda değilseniz, farklı uzaylar arası yolculuk veya insanları ışınlamak hakkında yazmak çok kolaydır. Gerçek bilim çok daha heyecanlıdır, çünkü o bir yerde gerçekten olmaktadır. Bilimkurgu yazarları, fizikçiler düşünmeden önce hiç kara deliklerden söz etmediler. Fakat şimdi bazı kara delikler hakkında oldukça fazla kanıta sahibiz.

SUE: Eğer bir kara deliğe düşülürse ne olur?

STEPHEN: Bilimkurgu okuyan herkes bir kara deliğe düşerseniz ne olacağını bilir. Bir spagetti haline getirilirsiniz. Fakat çok daha ilginç olan şey, kara deliklerin tamamen kara olmayışlarıdır. Onlar değişmeyen bir hızla parçacık ve ışınım yayarlar. Bu kara deliğin yavaşça buharlaşmasına yol açar, ama kara deliğe ve içindekilere sonunda ne olduğu bilinmiyor. Bu heyecanlı bir araştırma alanıdır, fakat bilimkurgu yazarları henüz buna yetişmemişlerdir.

SUE: Tabii, sözünü ettiğin o ışınıma Hawking Işınımı deniyor. Kara olmadıklarını kanıtlamaya sen geçtin, ama kara delikleri keşfeden sen değildin. Fakat senin evrenin başlangıcı konusunu daha yakından düşünmeye başlamanı sağlayan şey onların keşfiydi, değil mi?

STEPHEN: Bir yıldızın bir kara delik oluşturmak üzere çöküşü pek çok yönden evrenin genişlemesinin ters zamanlısına benzer. Bir yıldız oldukça düşük yoğunluk durumundan çok yüksek yoğunluklu bir duruma çöker.

Ve evren çok yüksek yoğunluklu bir durumdan daha düşük yoğunluklara genişler. Önemli bir fark var: Biz kara deliğin dışındayız, fakat evrenin içindeyiz. Fakat her ikisinin de ayırıcı bir özelliği ısıl ışınımdır.

SUE: Bir kara deliğe ve içindekilere sonunda ne olduğunun bilinmediğini söylüyorsun. Fakat ben teorinin, ne olursa olsun, bir astronot dahil olmak üzere, bir kara delikte ortadan kaybolan her şeyin sonunda Hawking Işınımı olarak yeniden işlemden geçeceğini söylediğini sanıyordum.

STEPHEN: Astronotun kütle enerjisi kara deliğin dışarıya yaydığı ışınım olarak yeniden işlemden geçecektir. Fakat astronotun kendisi ya da hatta kendisini oluşturan parçacıklar kara delikten çıkmayacaktır. Bu yüzden sorun onlara ne olduğudur. Yok mu olurlar, yoksa bir başka evrene mi geçerler? Bu benim bilmeyi çok istediğim bir şey, bir kara deliğin içine atlamayı düşündüğümden değil.

SUE: Stephen sen sezgi temelinde mi çalışırsın; yani beğendiğin ve sana çekici gelen bir teoriye ulaşır ve onu kanıtlamaya mı otururşun? Yoksa bir bilim insanı olarak, her zaman mantıksal olarak bir sonuca doğru ilerlemek, onu önceden tahmin etmeye girişmemek zorunda mısın?

STEPHEN: Önemli ölçüde sezgiye dayanırım. Bir sonucu tahmin etmeye çalışırım, fakat sonra onu kanıtlamam gerekir. Ve bu aşamada, çoğu kez düşünmüş olduğum şeyin doğru olmadığını veya ortada hiçbir zaman düşünmemiş olduğum başka bir durum olduğunu görürüm. Kara deliklerin tamamen kara olmadıklarını buluşum böyle oldu. Ben başka bir şeyi kanıtlamaya çalışıyordum.

SUE: Biraz daha müzik.

STEPHEN: Mozart her zaman benim en çok sevdiklerimden biri oldu. O inanılmaz miktarda müzik eseri yarattı. Bu yılın başlarında ellinci yaş günüm için bana CD üzerinde Mozart'ın tüm eserleri verildi. İki yüz saatten fazla sürüyor. Hâlâ onunla meşgulüm. En iyilerinden biri *Requiem*. Mozart *Requiem* bitmeden öldü ve *Requiem* bir

öğrencisi tarafından Mozart'ın bıraktığı parçalardan tamamlandı. Dinlemek üzere olduğumuz ilahi tamamen Mozart tarafından yazılan ve orkestra için hazırlanmış olan tek bölümdür.

SUE: Teorilerini büyük ölçüde basitleştirirsek –umarım bunun için beni mazur görürsün– anladığım kadarıyla, Stephen sen bir zamanlar bir yaratılma noktası, bir Büyük Patlama, olduğuna inanıyordun. Fakat şimdi artık durumun bu olduğuna inanmıyorsun. Bir başlangıç olmadığına ve bir son olmayacağına, evrenin kendi kendini taşıdığına inanıyorsun. Bu bir yaratma hareketi olmadığı ve bu yüzden Tanrı'ya bir yer olmadığı anlamına gelir mi?

STEPHEN: Evet fazla basitleştirdin. Hâlâ evrenin gerçek zamanda bir Büyük Patlamada bir başlangıcı olduğuna inanıyorum. Fakat gerçek zamana dik açılarda bir başka tür zaman, sanal zaman vardır. Sanal zamanda evrenin başlangıcı veya sonu yoktur. Bu, evrenin başlama şeklinin fizik yasaları tarafından belirleneceği anlamına gelir. Tanrı'nın evrenin bizim anlayamayacağımız gelişigüzel bir şekilde işlemesini seçtiğini söylemek zorunda değiliz. Bu Tanrı'nın var olup olmadığı hakkında hiçbir şey söylemez; yalnızca O'nun gelişigüzel olmadığını söyler.

SUE: Fakat eğer Tanrı'nın var olmaması mümkünse, bilimin ötesindeki her şeyi, insanların sana ve hatta esin verdiğin şeylere duydukları sevgi ve bağlılığı nasıl açıklarsın?

STEPHEN: Sevgi, bağlılık ve ahlak fizikten farklı bir kategoriye aittir. Fizik yasalarından insanın nasıl davranacağı çıkarılamaz. Fakat fizik ve matematiğin ilgili olduğu mantıksal düşüncenin kişiye ahlaki davranışında da yol göstereceği umut edilebilir.

SUE: Fakat kanımca pek çok insan senin Tanrı'yı reddettiğini düşünüyor. Bunu inkâr ediyor musun peki?

STEPHEN: Benim çalışmamın tüm gösterdiği şey, evrenin başlayış şeklinin Tanrı'nın kişisel kaprisi olduğunu söylemek zorunda olmadığımızdır. Fakat hâlâ şu soru var: Neden evren var olmak zorunda? Eğer arzu ederseniz bu sorunun yanıtını Tanrı olarak tanımlayabilirsiniz.

SUE: Yedi numaralı plağı dinleyelim.

STEPHEN: Ben operaya çok düşkünüm. Gluck ve Mozart'tan Wagner'e, Verdi'ye ve Puccini'ye kadar tüm sekiz plağımın opera olmasını seçmeyi düşündüm. Fakat sonunda ikiye indirdim. Biri Wagner olmak zorundaydı ve sonunda diğerinin Puccini olmasına karar verdim. *Turandot* onun şimdiye kadarki en büyük operasıdır, fakat yine, bitirmeden öldü. Seçtiğim bölümde Turandot eski Çin'de bir prensesin Moğollar tarafından tecavüze uğrayışı ve kaçırılışını anlatıyor. Bunun intikamı olarak Turandot onun taliplerine üç soru soruyor, eğer yanıt veremezlerse öldürüleceklerdir.

SUE: Yılbaşının senin için anlamı nedir?

STEPHEN: Amerikalıların Şükran Günü gibi bir şey. İnsanın ailesiyle birlikte olacağı ve geçen yıla teşekkür edeceği bir zaman. Bu aynı zamanda ahırda doğan bir çocukla sembolize edilen gelen yıla umutla bakış zamanıdır.

SUE: Ve bu konuda materyalist olmak gerekirse, hangi hediyeleri istedin; ya da bu günlerde her şeyi olan adam olacak kadar iyi durumda mısın?

STEPHEN: Ben sürprizleri tercih ederim. Eğer özel bir şey istenirse, hediye verene kendi hayal gücünü kullanma özgürlüğü ya da şansı verilmez. Fakat çikolatalı yer mantarlarına düşkün olduğumun bilinmesinin pek zararı yok.

SUE: Stephen sen şimdiye kadar öngörüde bulunulandan otuz yıl daha fazla yaşadın. Hiçbir zaman sahip olamayacağın söylenen çocuklarına babalık ettin, en çok satan kitaplar listesine giren bir kitap yazdın, uzay ve zaman hakkında çağ yaşındaki inançları değiştiren yeni bir yaklaşım getirdin. Bu gezegenden ayrılmadan önce başka neler planlıyorsun?

STEPHEN: Tüm bunların mümkün olmasının nedeni büyük miktarda yardım alacak kadar şanslı olmamdı. Gerçekleştirmeyi başardıklarım hoşuma gidiyor, fakat daha göçüp gitmeden önce yapmak istediğim çok şey var. Özel yaşamım hakkında konuşmayacağım, fakat bilimsel olarak, kütleçekimin, kuantum mekaniği ve doğanın diğer kuvvetleriyle nasıl birleştirilebileceğini bilmek isterdim. Özel olarak, ben bir kara delik buharlaştığında ona ne olduğunu bilmek isterim.

SUE: Şimdi son plak.

STEPHEN: Bunu size telaffuz ettirmek zorunda kalacağım. Benim konuşma sentezcim Amerikalıdır, Fransızcada başarısız. Bu Edith Piaf'ın "*Je ne regrette rien*"* şarkısı. Bu hemen hemen benim yaşamımı özetler.

SUE: Şimdi Stephen eğer bu sekiz plaktan yalnızca birini yanına alabilseydin, hangisi olurdu?

STEPHEN: Mozart'ın *Requiem*'i olurdu. Walkman'imin pilleri bitene kadar onu dinleyebilirim.

SUE: Ya kitabın? Kuşkusuz Shakespeare'in Tüm Eserleri ve İncil seni bekliyor.

STEPHEN: Sanırım George Eliot'un "*Middlemarch*" ını alırdım. Sanırım biri, galiba Virginia Woolf, onun yetişkinler için bir kitap olduğunu söyledi. Henüz büyümüş olduğuma emin değilim, fakat onu bir denerim.

SUE: Ya lüks madden?

STEPHEN: Bol miktarda yanık krema isterim. Benim için o lüksün özetidir.

SUE: Çikolatalı mantar değil, onun yerine bol miktarda yanık krema. Dr. Stephen Hawking Issız Ada Disklerini bize dinlettiğin için çok teşekkürler ve Mutlu Noeller.

STEPHEN: Beni seçtiğiniz için teşekkürler. Issız adamdan hepinizin Noel'ini kutluyorum. Sizden daha iyi havaya sahip olduğumu iddia edebilirim.

---

* Hiçbir şeyden pişman değilim –çn.

Dizin

ALS (Amyotrofik lateral skleroz) 22-4, 27-32, 40-1, 148-51
  etkisiyle tutum değişti, 21-4, 150-51
  başlangıcı, 27-8, 148-49
Açısal Momentum, 96-8, 101-3
Ağır elementler, 52
Akışkanlar mekaniği, 121
Antropik ilke, 51-2, 55, 58-9, 60, 64, 135-36
Aristoteles, 159
Ascent of Man, 39, 159
Asimptotik serbestlik, 56-8
Atomlar, 49-50, 53-4, 57-8, 62
Azalan sorumluluk doktrini, 122-23

Bebek Evrenler, 110-14
Bantam Books, 159
Bardeen, James M., 96, 159
Baryon sakınımı, yasası, 102-3
Baryonlar, 57-9
  tanımı, 102-3
BBC, 141, 159
Bekenstein, Jacob D., 96
Bell, Jocelyn, 108
Belirlenimcilik, 115-25
  özgür iradeye karşı, 116-17, 119-25
  ve Tanrı ve bilim, 123-25
  yanlış ifadelere karşı, 115-19, 124-25
  önemsiz şeylere karşı, 115-18, 123-24
Belirsizlik ilkesi, 65, 97-8
  ve kara delikler, 76-7, 103-4, 109-10, 136-37
  ve belirlenimcilik, 117-18, 123-25
  ve insan beyni, 120
  -de konum ve hız, 54, 67-8, 86-7, 109-10, 133-34
  ve rasgelelik, 61-2, 74, 120, 124-25
  -de uzay ve zaman, 59-60
belirsizlik ilkesinde, 54, 67-8, 86-7, 109-10, 133-34
Bentley, Richard, 83
Beyaz cüceler, 107-9, 133-34
Beyaz delikler, 108-9, 138
Bilgi, evrimi, 123-24

Bilgisayarlar, 66
Bilim
ve eğitim, 34-5
ve tanrı, 123-25
ve doğru kararlar, 33-6
yasaları, 26, 67-8, 78-9, 1415-17, 122-24, 128-29, 131, 138, 155-56 ayrıca *bkz.* Evrenin kökeni.
felsefecileri, 43-4
-e karşı halkın tavrı, 33-6
rolü, 50-1
ve yaşama standardı, 33-4
ve televizyon, 34-6
Bilimkurgu, 105-6, 153
Birleşik Teori. *Bkz.* Tam birleşik teori
Bireysel zaman, 68-70
Birleştirme değişmezleri, 56-8
Boltzman, Ludwig, 83
Bondi, Herman, 24
Born, Max, 49
Braginsky, Vladimir, 102
Brahmsın Keman Konçertosu, 145-46
Bronowski, Jacob, 39
Brown hareketi, 160
Büyük Patlama tekilliği, 25-6, 47, 59-62, 72, 77-8, 84-6, 89-90, 95-6, 100-2, 136-7, 154-55
Büyük Çöküş tekilliği, 59-60, 131
Büyük birleşik teoriler (GUTS), *Bkz.* Tam Birleşik Teori.

Caius College, 24, 29, 43, 160
Cambridge Üniversitesi, 38, 127, 160
Cambridge Üniversitesi Yayınları, 38, 160
Carter, Brandon, 96
Cherenkov Işınımı, 101-2
CERN, 56, 58, 101, 143, 160
Cornell Üniversitesi, 24, 160
Cosmic Background Explorer Satellite, 160
CPT teoremi, 58-9
Cygnus X-I, 95, 99, 160

Çekirdek, 62
Çift sarmal, 118-19

Darwin, Charles, 118, 121, 122, 124
Davranış öngörüleri, 120-25
Dalgalar, elektromanyetik, 53-4
Değişmez durum teorisi, 84-5
Denklemler,
diferansiyel, 50-1
hidrojen atomu için, 49-50
popüler olmayışı, 34-5, 38-9
Dicke, Robert H., 102
Diferansiyel denklemleri, 50-1
Din, 50-1, 81-2
Dirac, Paul, 49
Dirac denklemi, 160, 164
DNA, 118, 119, 123, 125, 160
Doğal seçilim,
ve saldırı, 122-25
belirlenimciliğe karşı, 117-19, 122-25

Eğitim,
ve bilim, 34-5
ve televizyon, 34-6
Einstein, Albert, 93
Nobel Ödülü, 74
ve kuantum mekaniği, 67-8, 75, 93
ve görelilik, 22-3, 44-5, 47, 53, 67-75, 77-80, 93-4, 106-10
ve durağan evren, 83-5
Elektrik yükü, 96-8, 101-2
Elektromanyetizma, 52-9, 63, 102-3
Maxwell teorisi, 53
Elektronlar, 49-50, 52, 54, 55, 62

Enerji, 25-6, 57-8, 71, 94-5
kütleçekimsel, 91
sıfırdan farklı, 54
Entropi, 82-3, 95-8, 102-3
Etkileşimler, 52-3, 56-60, 61, 63
Equalizer, 30-2
Evren
ortalama yoğunluk, 131-36
bebek. *bkz.* Bebek evrenler.
değişiyor, 71-2, 83-4
çökme, 59-60, 134-35
tam teori. *bkz.*Tam birleşik teori.
büzülme, 24-5, 92, 130-31
kritik yoğunluk, 133, 135-37
ve entropi, 82-3
genişleme, şişmeyle 24-5, 72, 90-2, 113, 130-38, 154
geleceği, 127-39
ve Tanrı, 18, 154-56
geçmişler. *Bkz.* Geçmişler; Geçmişlerin toplamı.
homojenliği, 52
üzerinde entelektüel yaşam, 51-2
sınırsızlık durumu, 47, 67-8, 88-92
köken. *Bkz.* Evrenin kökeni.
karşı-parçacıklara ve parçacıklar, 58-9
davranış öngörüleri, 88-90
nedeni, 92, 155-56
durağan, 82-4
ve zaman, 47, 67-8
Evrenin kökeni, 18-9, 25-6, 50-2, 61-2, 73, 81-92
tartışma, 81-3
ve bilim yasaları, 26, 81-90, 92, 128-29
ve tekillikler. *bkz.* Büyük patlama tekilliği
Evrensel zaman, 68-70
Evrim,
parlaklığın, 137-38
determinizme karşı, 117-19
bilginin, 123-24

Faz geçişi, 136-37
Felsefeciler, 43-4
Feynman, Richard, 75, 87
ve geçmişlerin toplamı, 87-8
Fitzgerald, George, 44
Fizik,
-te teorilerin gelişimi, 43-5
-te zor fikirler, 38-40
yasaları. *Bkz.* Bilim yasaları
mantıksal kendi içinde tutarlılık, 43-4
ve matematiksel modeller, 45-6
en temel bilim olarak, 20
müziğe karşı, 142-43
parçacık, 76
-te ilerleme, 38-9
ve gerçeklik, 44-7
teorik, 28-9, 43-4, 48, 49-66
zaman-simetrili yasalar, 108-10
Fiziğe karşı müzik, 142-43
Fotoelektrik etki, 73-4
Fotonlar, 55-6, 57-9, 100

Galaksiler, 24-5, 52, 92
parlaklık, 137-38
ve kaos, 129-31
kümeler, 133
ve sonsuz yoğunluk, 85-6
ve parçacıklar, 58-9
spiral, 132-33
ve değişmez durum teorisi, 84-5
hız, 137-38
Galaksiler arası yolculuk, 105-6, 109-10, 111, 123-24, 138

Galilei, Galileo, 8, 11, 68, 78
Gamma ışını dedektörü, 101
Geçmişler. Ayrıca *Bkz.* Geçmişlerin Toplamı.
gerçek zamana karşı sanal zamanda, 78-9
ve sınırsızlık önerisi,92
ve kuantum mekaniği, 46-7, 75, 123-25
ve tekillikler, 89-90
Geçmişlerin toplamı, 39-40, 76-7, 87-9
tanımı, 76, 87
ve kuantum teorisi, 77-8, 87-9
Genel görelilik, Ayrıca *Bkz.* Görelilik.
klasik teori olarak, 53, 74-5, 86, 93-4
tam olmayan teori olarak, 73
ve tekillikler, 86
Gerçeklik,
modelden bağımsız kavram, 45-7
felsefeye karşı, 45-6
ve fizik, 44-7
ve kuantum mekaniği, 46-7, 65
iki parça, 50-1
Gerçek zaman, 39-40, 77-9, 87, 89-90, 110-12, 154-55
Gezegenler, 71, 129-31
Glashow, Sheldon, 55
Gluonlar, 56-7, 63
Graves, Robert, 17
Graviton, 60-1, 100
Gravitonolar, 63
Grey, Roger, 143
Görelilik
genel teorisi (1915), 22-4, 25-6, 47, 53, 59-60, 67-9, 70-1, 73-5, 76-7, 93-4, 109-10
ve kuantum mekaniği, 26, 67-8, 73, 75-7, 86-7, 93-4
ve tekillikler, 73
ve uzayzaman, 44-5, 47, 59-60, 67, 69-71
özel teorisi (1905), 44-6, 69-71, 93-4, 95
ve ışığın hızı, 72, 106-8
Gözlem,
öngörülere karşı, 88-90, 133
akla karşı, 82-3
teoriye karşı, 56-9, 63, 72
Gözleme karşı akıl, 82-3
Guinnes Rekorlar Kitabı, 37, 152, 162
Guzzardi, Peter, 38
Güneş, 70-1, 107-8, 133
Güneş tutulması, 70-1

Hadronlar, 52-3, 56
Hagedorn, R., 101
Halliwell, Jonathan, 90
Hartle, Jim, 26, 47, 79, 88
Hafif elementler, 136-37
Her şeyin teorisi. *Bkz.* Tam birleşik teori,
Hız. Ayrıca *bkz.* Işık, galaksilerin hızı,
Hawking, Edward (erkek kardeşi), 12
Hawking, Jane Wilde (eşi), 23, 151
Hawking, Lucy (kızı), 25, 151
Hawking, Mary (kız kardeşi), 12, 14
Hawking, Philippa (kız kardeşi), 12, 13, 149
Hawking Işınımı, 153-54
Hawking, Robert (oğlu), 17, 151
Hawking, Timothy (oğlu), 151
Hawking, Stephen, 2, 40, 142, 152, 157
çocukluk, 11-20, 146-47
çocuklar, 25-6, 30-2, 144-45, 151
iletişim, 30-2, 141-45

eğitim, 12-3, 16-8, 146-48
aile geçmişi, 11-3, 145-47
babası, 11-4, 16-8, 145-46
babanın öğüdü, 19-21, 151
babanın araştırma işi, 14-5, 19-20, 146-47
konut bulma, 28-31
hastalık *bkz.* ALS
sezgi, 154-55
Cambridge'te Lucas Profesörü, 49-50, 152
evlilik, 24-5, 28-9, 151
anne, 11-2, 16, 27-8, 146-48
bilim ve matematik geçmişi, 20, 22-3
Hayatta kalış, 122-23
Heisenberg, Werner, 74
Heterotik süpersicim, 112-13
Hewish, Antony, 108
Hoyle, Fred, 23
Hubble, Edwin, 72, 84
Huxley, Aldous, 147
Hidrojen, atomik, 55
Hidrojen atomu, 49-50, 57-8

Independent, The, 37, 41
Issız Ada Diskleri, 5, 141, 160
Isıl denge, 61-2, 97-8
Işığın kuantum teorisi, 75

ışınım, 58-9
kara deliklerden, 26, 76-7, 99-100, 102-3, 109-11, 133-34, 153-54
Cherenkov, 101-2
Hawking, 153-54
mikrodalga, 85, 130-31

İkinci Geliş, 127-29
İtici kütleçekim etkisi, 71
İnsan beyni, 120, 129-30
İncil, 17, 41, 82, 141, 157, 159

Julius Caesar (Shakespeare), 115, 162

Kaçış hızı, tanımı, 106-7
Kant, Immanuel, 82
Kara delikler
ortalama yoğunluk, 100-1
ve bebek evrenler, 110-14
çarpışmalar, 25-6, 95-6
yaratılış, 94-7, 108-9, 133-34, 154
tanımı, 25-6, 60-2, 72, 94-5, 107-8
entropi, 96-8
buharlaşma, 100-1, 110-12, 136-37, 153, 156-57
patlama, 101-2
ve Hawking Işınımı, 153-54
ve ilginç gelecekler, 137-38
adlandırılışı, 105-7
saçı-yok teoremi, 96-8
hepsi kara olmayan, 25-6, 95-6
-den yayılan parçacıklar, 26, 61-2, 76-7, 98, 100, 111-12, 133-34
ilksel, 95-6, 99-102
özellikler, 96-8, 101-3, 110-11
ve kuantum mekaniği, 93-5
-den ışınım, 26, 76-7, 99, 100, 102-3, 109-11, 133-34, 153-54
ve bilimkurgu, 105-6, 153
incelenmesi, 25-6, 105-110
ve yüzey çekimi, 96-7
ısıl denge, 97-8
ve termodinamik, 94-7
ve belirsizlik ilkesi, 76-7, 103-4, 109-10, 136-37
ve beyaz delikler, 108-10, 138
ve X-ışını kaynakları, 93-4

Karanlık madde, 132-38
Karar alma, ve bilim bilgisi, 33-6
Karşı-parçacıklar, 58-9, 61-2, 91, 98-9
Kaos, 128-31, 138-39
Kâhinler, 127-28
Kendiliğinden simetri bozulması, 55
Kendine referanslı sistemler, 122
Khalatnikov, Isaac, 85, 86
Kırmızı dev, 133
Konum, 54
Konuşma sentezcisi, 30-2, 144-45, 149
Kuanta, 73-4
Kuantum kütleçekimi, 59-62, 87-8, 93-5
Kuantum renk dinamiği (QCD), 56-7
Kuarklar, 52, 56, 57, 63, 101
Kuasarlar, tanımı, 93-4
Kurt delikleri, 109-10
kuzey kutbu, 89-91
kütleçekime karşı, 137-38
Kızılötesi kölelik, 56-7
Kopernik, Nicolaus, 78, 131
Kozmolojik değişmez, 113-14
Kozmolojik terim, 71-2
Kozmoloji, 22-25
Kritik yoğunluk, 133, 135-37, 139
Kuantum mekaniği, 67-8
  ve kara delikler, 93-104
  ve Einstein, 67-8, 75, 93
  ve geçmişler, 46-7, 75, 123-25
  ve gerçeklik, 46-7, 65
  ve görelilik, 26, 67-8, 73, 75-7, 86-7, 93-4
Kuantum teorisi, Ayrıca *Bkz.* Belirsizlik ilkesi.
  ve geçmişlerin toplamı, 77-8, 87-90
Kütle, 55-7, 71
  kara deliklerin, 96-8, 102-3
  nötrinoların, 136-37
Kütleçekim çökmesi, 59-60, 72, 76-7, 96-8
Kütleçekim enerjisi, 91
Kütleçekim alanları, 25-6, 62, 87, 93-4, 102-3
Kütleçekim, 52, 53, 58-60, 120
  ve kara deliklerin yaratılması, 94-5
  yasası, 83-4
  kuantum, 59-62, 87-8, 93-5
  ve uzayzaman, 70-1
  ve süper-kütleçekim ,60-1, 63
  yüzey, 96-7
  hıza karşı, 83-4, 94-5, 106-7
Kuran, 141, 162
Kuzu kayması, 55, 98

Lawley, Sue, 142
Leptonlar, 52-3
Levin, Bernard, 152
Lifshitz, Evgenii, 85
Lorentz, Hendrik, 44
Lou Gehrig'in hastalığı. *Bkz.* ALS
Lucas Matematik Kürsüsü, 49-50

McClenahan, John, 14
Makroskopik sistem, 121
Mason, David, 31
Matematiksel modeller, 45-6
Matematik
  ve denklemler, 34-5
  yeni teknikler, 24-6, 86
Madde, 52, 60-1, 72, 78-9
  karanlık, 132-38
Maxwell, James Clerk, 83
Maxwell'in elektromanyetizma teorisi, 53
Metafizik, 50-1
Michell, John, 106
Michelson, Albert, 69
Michelson-Morley deneyi, 44-5, 68-9

Mikrodalga ışınımı, 85, 130-31
Middlemarch (Eliot), 157, 163
Miller, William, 128
Moleküller, 49-50, 54, 121
Morley, Edward, 44, 69
Mosley, Oswald, 147
Hareket yasaları, 68-9
Motor nöron hastalığı. *Bkz.* ALS.
Mozart, Wolfgang Amadeus, 149
Muonlar, 52

N = 8 süper-kütleçekim teorisi, 63-5
Nature, 40, 163
Nefes borusu ameliyatı, 30-1, 38-9, 143-44, 145, 152
Newton, Isaac, 152
  ve mutlak uzay ve zaman, 45-6
  ve kütleçekim, 53, 83-4, 120
New York Times, 37, 163
nötron, 93-4, 108-9, 133-34
  kırmızı devler, 133
  beyaz cüceler, 107-9, 133-34
Nötrinolar, 100, 136-37
Nötronlar, 62
Nötron yıldızları, 93-4, 108-9, 133-34
Nobel Ödülleri, 56, 74, 75
Nükleer bağlar, 62
Nükleer sentez, 52
Nükleer savaş, 123-24
Nükleer silahlar, 35-6
Nükleitler, 51-2

Olay ufukları, 25-6, 94-8, 107-8
Olaylar, tanımı, 69-70
Orantısallık, 96-7
Oppenheimer, Robert, 72
Osilatörler, 54
Oxford, 5, 11, 12, 21, 22, 23, 25, 27, 110, 147, 148, 164

Öngörüler
  davranışın, 88-90, 120, 122-25
  gözlemlere karşı, 88-90, 133
  kâhinler, 127-28
  bilimsel, 128-29
Özgür irade, 116-17, 119-25
Özel görelilik teorisi
  Bkz. Görelilik.

Page, Don N., 100
Paradokslar, 75, 98, 122
Parçacık fiziği, 76
Parçacıklar, 53, 63
  ve karşı-parçacıklar, 58-9, 61-2, 91, 98-9
  bebek evrenlerde, 111-12
  ve kara delikler, 26, 61-2, 76-7, 98, 100, 111-12, 133-34
  temel, 22-3, 62, 136-37
  ve galaksiler, 58-9
  makroskopik sistemde,121
  ve kuarklar, 101
  tayf, 98
  spin-1, 55-7
  spin-2, 60-1
  ve geçmişlerin toplamı, 76-7, 87
  zamanda geriye yolculuk, 99
Pauli dışarlama ilkesi, 52-3
Penrose, Roger, 25, 26, 73, 75, 86
Penzias, Arno, 85
Pertürbasyon teorisi, 56-7
Pi mezon,56-7
Planck, Max, 73
Popper, Karl, 89
Porter, Neil A., 101
Prince of Asturias Harmony and Concord ödülü, 164
Proceedings of the Royal Society, 24, 164
Protonlar, 49-50, 56-8, 62
Pulsarlar, tanımı, 93-4, 108-9

Radyo dalgaları, 85
Rasgelelik, 61-2, 74, 120, 124-25
Renk, kuarkların özelliği olarak, 56-7
Resimli düşünme, 38-9
Requiem (Mozart), 155, 157, 165
Ring operaları (Wagner), 149-50
Rubbia, Carlo, 56
Ryle, Martin, 85

Sağ ve sol yanlı etkileşimler, 58-9
Saf Aklın Eleştirisi, (Kant), 82, 160
Saldırı, 122-25
St. Albans, 15, 16, 17, 18, 19, 146, 147, 165
Salam Abdus, 165
Salam-Weinberg teorisi, 55-8, 63
Sanal zaman, 39-41, 47, 77-80, 87, 89-90, 110-12, 154-55
SAS-2 uydusu, 100
Sıcak cisimler, 26, 85, 98
Saçı yok teoremi, 96-8
Sıfırdan farklı enerji, 54
Sınırsızlık önerisi, 47, 67-8, 88-92
Sistemin sıcaklığı, 96-7
Sorumluluk, ve özgür irade, 119-24
Schrödinger'in kedisi, 46-7
Schwarzschild yarıçapı, 94-6
Schwinger, Julian, 75
Sciama, Dennis, 23
Shakespeare, William, 41, 141
Sıfır-noktası dalgalanmaları, 54
Speech Plus, 31, 166
Spin-1 parçacığı, 55-7
Spin-2 parçacığı, 60-1
Spiral galaksiler, 132-33
sonsuz, 25-6, 84-6, 131
Sonsuz sistemler, 83-4
Sonsuz yoğunluk, 25-6, 84-6, 131
Sunday Times, The (Londra), 37
Süper-kütleçekim, 60-1, 63-5
Süpersicim teorileri, 87, 112-13
Süpersimetri dönüşümleri, 60-1
Süreklilik Mekaniği, 49-50
şık,
  kuantum teorisi, 75
  hızı, 44-6, 53, 68-70, 72, 76-7, 106-8, 133-34
Şişerek genişleme, 90-2, 135-37, 139

Tam birleşik teori, 37-8, 43, 49, 50-2, 56-65, 79-80, 112-21
Tamsayı-spin alanlar, 53
Tanrı,
  ve evrenin yaratılışı, 18, 154-56
  ve belirlenimcilik, 115-16, 123-24
  ve bilimin yasaları, 123-24
  ve sınırsızlık önerisi, 92
  ve zar atma, 67-8, 93-4, 103-4
Televizyon, ve eğitim, 34-6
Temel parçacıklar, 22-3, 62, 136-37
  Tekillikler, 24-5
  Büyük Patlama *bkz.*Büyük Patlama tekilliği,
  büyük çöküş, 59-60
  tanımı, 78-9
  ve genel görelilik, 86
  kütleçekim alanı, 25-6
  ve geçmişler, 89-90
  sonsuz yoğunluk, 25-6
  olası geçmişler, 89-90
  ve görelilik, 73
  -e sahip uzaylar, 87-9
  -e sahip olmayan uzaylar, 88-9
  uzayzaman, 59-60, 72, 75, 86-7
Teorik fizik, 28-9, 43-4, 48-66
Teori, gözleme karşı, 56-9, 63, 72
Termodinamik
  ve kara delikler, 94-7
  yasaları, 82-3, 95-7
't Hooft, Gerard, 97

Time, 40, 166
Tomonaga, Shinichiro, 75

Uzay
  sınırı olmayan sonlu, 26, 88-9
  ve görelilik, 70-1
Uzayzaman
  eğriliği, 70-2, 78-9, 84-5, 87, 88, 107-8
  dört boyutlu olarak, 64, 107-8
  ve kütleçekim, 70-1
  sınırsızlık durumu, 78-9
  ve görelilik, 44-5, 47, 59-60, 67, 69-71
  tekillikler, 59-60, 72, 75, 86-8
Uzay yolculuğu, 105-6, 109-11, 123-4, 138
Ussher, James, 81

Yaşam standardı , ve bilim, 33-4
Yıldızlar, 52, 70-1, 83-4, 92
  çökme, 25-6, 59-60, 72-3, 94-5, 154
  ve kara deliklerin yaratılması, 94-5, 108-9, 154
Yeğin nükleer kuvvetler, 52-3, 58-9, 63
Yeryüzü, 70-1, 88-90
Yaşam, ilk biçimleri, 117-19
Yeniden normalleştirme, 54-7, 59-60
Yaradılışçılar, 81-3
Yoğunluk,
  ortalama, 100-1, 131-36
  kritik, 133, 135-37, 139
  -ta farklar, 91

Van der Meere, Simon, 56

Wagner, Richard, 28, 143, 156
Wagner, Wolfgang, 149
Weekes, Trevor C., 101
Weinberg, Steven, 55
Wheeler, John, 106
Whitt, Brian, 38
Wilson, Robert, 85
Woltosz, Walt, 31, 144

X-ışını kaynakları, 93-4

Yüzey kütleçekimi, tanımı, 96-7

Zaman. Ayrıca *bkz.* Uzayzaman.
  başlangıcı, 84-5
  sonu, 25-6
  sınırı olmadan sonlu olarak, 26
  gerçeğe karşı sanal, 39-41, 77-80, 87, 89-90, 110-12, 154-55
  bireysel, 68-70
  -da geriye doğru yol alan parçacıklar, 99
  ve görelilik, 44-7, 59-60, 70-1
  ters yön, 58-9
  -ın öznel kavramları, 59-61
  evrensel, 68-70
  ve evren, 47, 67-8
Zaman yolculuğu, 138
Zamanın Kısa Tarihi, (Hawking) 37-42, 152-53
Zayıf nükleer kuvvetler, 53, 56-9, 63
Zen and the Art of Motorcycle Maintenance, 168

Zuckerman, Al, 38

Olay yaratan çok satan kitabı *Zamanın Kısa Tarihi*'nde, Stephen Hawking, kelimenin tam anlamıyla, fiziğe, evrene, gerçekliğin kendisine bakışımızı değiştirdi. *Kara Delikler ve Bebek Evrenler*'de Stephen Hawking'in 1976 ile 1992 yılları arasında yazdığı bazı yazılar yer alıyor. Yaygın olarak Einstein'dan beri en parlak teorik fizikçi sayılan Hawking, bu on üç yazı ve bir söyleşide, evrenimizi anlamamıza yarayan şaşırtıcı bir olanaklar dizisini ortaya çıkarıyor.

Stephen Hawking, evrenin bilinmez ve anlaşılmaz bir şey, insanın sezebileceği, fakat hiçbir zaman tam olarak analiz edemeyeceği veya kavrayamayacağı bir şey olduğu görüşüne katılmaz. Ona göre bu görüş dört yüz yıl önce Galileo tarafından başlatılan ve Newton tarafından devam ettirilen bilimsel devrimlere karşı haksızlık etmektedir. Onlar evrenin en azından bazı alanlarının, gelişigüzel şekilde davranmadıklarını, kesin matematiksel yasalar tarafından yönetildiklerini gösterdiler. O zamandan beri geçen yıllar içinde Galileo ve Newton'ın çalışmalarını evrenin hemen hemen her alanına yaymış bulunuyoruz. Hawking'e göre evrenin tam bir teorisini ortaya koyabiliriz. O durumda aslında Evrenin Efendileri olacağız.

"Aydınlanmada ikinci bir şans... Hawking karmaşık konuları basit, herkesin anlayabileceği bir dille becerikli şekilde çözüyor....
Çok kolay okunuyor."
San Fransisco Chronicle

"Özlü, aydınlatıcı ve çağdaş kozmolojinin yapısından gelen şaşırtıcı doğası göz önüne alındığında olağanüstü kolay okunan bir kitap."
The Wall Stret Journal



ALFA
alfakitap
alfakitap
alfakitap
www.alfakitap.com
9 786051 067186
BİLİM