**ZAMANIN KISA TARİHİ**

**Stephen W. Hawking**

A Brief History Of Time

Milliyet Yayın A.Ş.

ISBN 975-506-005-C

İngilizceden Türkçeye Çeviren:

Dr. Sabit SAY-Murat URAZ

Büyük Patlamalar Kara Delikler

Carl Sagan'ın Önsözüyle

**(Arka Kapak)**

CARL SAGAN'ın ÖNSÖZÜYLE

"Bedeni, tekerlekli sandalyesinin tutsağı. Ama beyni o denli hareketli ki,

evrenin gizlerini günışığına çıkarabilmek için zamanın ve uzayın uçsuz

bucaksızlığında sanki dörtnala koşuyor."

TİME

"20, yüzyılın fizikçilerinin elde ettikleri sonuçlar nesnel bir biçimde

değerlendirildiğinde, Stephen Hawking'inkiler bilim dağarcığının en önemli

yerini alacaktır."

ASTRONOMY

'’Stephen Hawking fizik dünyasının ’supernova’sı olabilmek için amansız

bir hastalığı yenmeyi başardı."

Yazamamasına, hatta doğru dürüst konuşamamasına karşın, görecelik

kuramından kuantum mekaniğine, bing bang’den (büyük patlama), evreni

yaratan 'geometrinin dansına’ sıçrayıp duruyor."

Kimothy Ferris VANITYFAIR

**İçindeki̇ler**

Yazarın Notu

Carl Sagan'ın Önsözü

1 Evreni Nasıl Görüyoruz

2 Uzay ve Zaman

3 Genişleyen Evren

4 Belirsizlik İlkesi

5 Temel Parçacıklar ve Doğanın Kuvvetleri

6 Kara Delikler

7 Kara Delikler O Kadar da Kara Değil

8 Evrenin Doğuşu ve Yazgısı

9 Zamanın Oku

10 Fiziğin Birleştirilmesi

11 Sonuç

Albert Einstein

Gallileo Galilei

Isaac Newton

Sözlük

**Yazarın Notu**

UZAY zaman konusunda herkesin anlayabileceği bir kitap yazmaya 1982'de

Harvard'da verdiğim dersler sonunda karar verdim. Daha o zaman bile evrenin

ilk zamanları ve kara delikleri üzerine, örneğin Steven Weinberg'ün "The First

Three Minutes" (İlk Üç Dakika) kitabı gibi çok iyisinden, adını anmayacağım

çok kötüsüne, pek çok kitap vardı. Ama hiçbirinin, beni evrenbilimi ve tanecik

kuramı üzerinde araştırmaya yönelten soruları hakkıyla ele almadığını hissettim.

Evren nereden çıktı? Nasıl ve niçin başladı? Sonu gelecek mi, gelecekse nasıl?

Bunlar hepimizi ilgilendiren sorular. Ama çağdaş bilim öylesine tekniğe dayalı

bir duruma geldi ki, ancak çok az sayıda uzman, gereken matematik araçları

uygulayabilecek kadar ustalaşabiliyor. Yine de, evrenin doğuşu ve yazgısına

ilişkin temel kavramlar, matematik kullanılmadan, bilimsel eğitimi olmayanların

da anlayabileceği bir biçimde açıklanabilir.

Biri bana, kitaba koyduğun her denklemin satışı yarıya indireceğini söyledi.

Ben de önce tek bir denklem bile koymamayı kararlaştırmışken, sonunda yine de

bir denklem, Einstein'ın ünlü E=mc2 denklemini koydum. Umarım okuyucuların

yarısını korkutup elimden kaçırmam.

ALS\* ya da motor nöron hastalığına yakalanmak şanssızlığı dışında başka

her şeyde çok talihliyim. Karım Jane'den, çocuklarım Robert, Lucy ve

Timmy'den gördüğüm yardım ve destek oldukça normal bir yaşam

sürdürebilmemi ve işimde başarılı olabilmemi sağladı.

*\* ALS: Amyotrophic Lateral Scierosis*

Kuramsal fiziği seçmiş olduğum için de yine şanslı sayılırım, çünkü yalnızca

sağlam kafa istiyor. Böylelikle sakatlığım önemli bir köstek olmadı.

Meslektaşım bilimciler de hepsi çok yardımcı oldular.

Meslek yaşamının ilk "klasik" aşamasında başlıca çalışma arkadaşlarım

Roger Penrose, Robert Geroch, Brandon Carter ve George Ellis idi. Bana

ettikleri yardım ve birlikte yaptığımız çalışmalar için teşekkür borçluyum. Bu

aşamadaki çalışmalar Ellis ile 1973'te birlikte yazdığımız "The Large Scale

Structure of the Spacetime" (Uzay Zamanın Büyük Ölçekteki Yapısı) adlı kitapta

toplandı. Bu kitabın okuyucularına, daha fazla bilgi için o çalışmaya

başvurmalarını öğütleyemeyeceğim, hem o çok teknik hem de okunması oldukça

zor. Umarım o zamandan bu yana anlaşılması kolay biçimde nasıl yazılacağını

öğrenmişimdir.

Çalışmalarımın 1974'te başlayan ikinci "tanecik" aşamasında, başlıca iş

arkadaşlarım Gary Gibbons, Don Page ve Jim Hartle idi. Onlara ve bana,

sözcüğün hem fiziksel hem de kuramsal anlamıyla, çok büyük yardımda bulunan

araştırma öğrencilerime çok şey borçluyum. Öğrencilerime ayak uydurmak

gereği beni her zaman dürtüklemiş ve umarım, bir dönme dolaba bağlı kalmamı

önlemiştir.

Bu kitabı yazarken öğrencim Brian Whitt'den çok yardım gördüm. İlk

müsveddeyi yazdığım 1985 yılında zatürnefe borusu ameliyatı olmak zorunda

kaldım ve bu, iletişimde bulunmamı neredeyse olanaksız hale getirdi. Kitabı

bitiremeyeceğimi sanıyordum. Ama Brian, düzeltmede bana yardım etmekle

kalmayıp, Sunnyvale, California'da Words Plus şirketinden Walt Woltosz

tarafından bağışlanan Living Center (Yaşayan Özek) adlı bilgisayarlı iletişim

programını kullanmarnı sağladı. Bununla kitaplar, makaleler yazabiliyor ve yine

Sunnyvale, California' da Speech Plus şirketince bağışlanan bir yapay konuşma

aygıtıyla da başkalarıyla konuşabiliyorum. Konuşma aygıtı ve küçük bilgisayarı

tekerlekli iskemleme David Mason taktı. Bu sistem her şeyi değiştirdi. Aslında

şimdi, sesimi yitirmeden öncekinden daha iyi iletişim kurabiliyorum.

Kitabın baskıdan önceki halini gören pek çok kişiden düzeltme önerileri

geldi. Özellikle Bantam Books'ta kitabı basıma hazırlayan Pteer Fuzzardi, iyi

açıklayamadığımı hissettiği noktalara ilişkin sayfalar dolusu sorular ve eleştiriler

yolladı. Değiştirilecek bölümlerin listesini aldığımda ne yalan söyleyeyim

oldukça sinirlendim ama adam çok haklıydı. Kitabın daha iyi oluşu, eminim ki

burnumu taşa sürttüğü içindir.

Yardımcılarım Colin Williams, David Thomas ve Raymond Laflamme'ye,

sekreterlerim Judy Fella, Ann Ralph, Cheryl Bilington ve Sue Masey ve hemşire

ekibine çok minnettarım. Araştırmalarım ve sağlığım için yapılan giderleri

karşılayan Gonville ve Caius College, the Science and Engineering Research

Council ve Leverhulme, McArthur, Nuffield ve Ralp Simth vakıfları olmasaydı

bunların hiçbiri gerçekleşemezdi. Hepsine çok müteşekkirim.

**Stephen W. Hawking**

20 Ekim 1987

**Önsöz**

Günlük yaşantımızı, dünyaya ilişkin hemen hiçbir şey anlamadan sürdürüp

gidiyoruz. Yaşamı olanaklı kılan güneş ışığını üreten düzeni, yere yapıştırarak

bizi Dünya'nın uzaya fırlatıp atmasını önleyen yerçekimini ya da kararlı

dengesine temelden bağlı olduğumuz yapıtaşları atomları, aklımıza bile

getirmeyiz. Çocuklar dışında (ki onlar önemli soruları soracak kadar çok şey

bilmezler) çok azımız, acaba doğa neden böyle; evren nereden çıktı ya da her

zaman var mıydı; zaman bir gün gelip geri akacak, nedenler sonuçları izleyecek

mi; ya da insanoğlunun bilebileceği şeylerin bir sonu var mı diye meraklanarak

zamanımızı harcarız. Öyle çocuklar var ki, kendi tanıdıklarımdan biliyorum,

kara deliğin neye benzediğini, maddenin en ufak parçacığının ne olduğunu,

neden geleceği değil de geçmişi anımsadığımıza, ilk zamanlarda karmakarışıklık

varken nasıl olup da şimdi göründüğü kadarıyla bir düzen olduğunu ve niçin bir

evren olduğunu bilmek istiyorlar.

Toplumumuzda ana babalar ve öğretmenler, bu soruların çoğunu omuz

silkerek ya da belli belirsiz dinsel deyişlerle geçiştirme geleneğini hala

sürdürüyorlar. Bazıları böyle konulardan, insan kavrayışının sınırlarını canlı bir

biçimde açığa çıkardığı için çok rahatsızlık duyuyor.

Bununla birlikte bilim ve felsefeyi çoğunlukla bu tür sorgulamalar

ilerletmekte. Gittikçe artan sayıda yetişkin bu tür soruları sormak isteğinde, ara

sıra şaşırtıcı yanıtlarla karşılaşmakta. Atomlardan ve yıldızlardan eşit uzaklıkta

olan bizler, araştırma ufuklarımızı, hem en küçük hem de en büyük nesneleri

kapsamına alarak genişletiyoruz.

1974 baharında, Viking uzay aracının Mars'a inmesinden iki yıl önce, ben

İngiltere'de Royal Society of London'ın (Londra Kraliyet Derneği) desteğinde

yapılan, dünyadışı yaşamın nasıl aranacağı sorusunu araştırma konusundaki bir

toplantıdaydım. Kahve molası sırasında, çok daha büyük bir toplantının bitişik

salonda yapılmakta olduğunu fark ettim ve merakımdan içeri girdim. Bir süre

sonra, geleneksel bir törene tanık olduğumu anladım. Gezegenimizdeki en eski

bilim kurumlarından biri olan Royal Society'ye yeni üyelerin kabul töreniydi bu.

En ön sırada tekerlekli iskemlede bir genç adam, ilk sayfalarında Isaac

Newton'ın imzasını taşıyan bir defteri yavaşça imzalıyordu. Nihayet bitirdiğinde

bir alkış koptu: Stephen Hawking (Hokin)\* o zaman bile bir efsane idi. Hawking

şimdi Cambridge Üniversitesi'nde, çok büyük ve çok küçüğün iki şöhretli

araştırıcısı Newton ve daha sonra PAM. Dirac tarafından işgal edilen Lucasian

Professor of Mathematics (Lukasgil Matematik Profesörü) makam koltuğunda

oturmaktadır. Onların ardılı olarak bu makamı hak etmektedir. Elinizde

tuttuğunuz, Hawking'in uzman olmayanlar için yazmış olduğu bu ilk kitabı,

okuyucularını çeşitli biçimlerde ödüllendirecektir: Yazarının kafa işleyişini

zaman zaman yansıtışı, kitabın geniş kapsamlı içeriği kadar ilginçtir. Bu kitap,

gökbilimin, evrenbilimin ve de cesaretin ön saflarını, kolay anlaşılır bir biçimde

göz önüne sermektedir..

Aynı zamanda bu, Tanrı... ya da belki de Tanrı'nın yokluğu üzerine bir

kitaptır. Tanrı sözcüğü geçmektedir birçok yerinde. Hawking, Einstein'ın

"Tanrı'nın evreni yaratmada bir seçeneği var mıydı?" yolundaki ünlü sorusunu

yanıtlamak için araştırmaya girmiştir. Kendisinin de açıkça belirttiği gibi,

Hawking, Tanrı'nın düşüncesini anlamaya çalışmaktadır. Bu da uğraşın

sonucunu, en azından gelindiği kadarıyla, daha bir beklenilmedik yapmaktadır:

uzayda kenarı, zamanda başlangıcı ya da sonu ve Tanrı'nın yapacak hiçbir şeyi

olmayan bir evren.

Carl Sagan

Cornell Üniversitesi

Ithaca, New York

*\* Ç.N.: İsimlerin İngilizce yazılışlarının Türk alfabesine göre okunuşları parantez içinde*

*verilmektedir.*

**1 Evreni Nasıl Görüyoruz?**

Günlerden bir gün ünlü bilimci söylentiye göre Bertrand Russell (Rasıl)

gökbilimi üzerine söylev vermektedir. Dünyanın güneş etrafında nasıl

döndüğünü, güneşin de galaksi denen uçsuz bucaksız yıldızlar kümesi etrafında

nasıl devindiğini anlatır. Konuşmasının sonunda salonun en arkasında oturan

ufak tefek yaşlı bir bayan ayağa kalkar ve "Bütün söyledikleriniz saçma sapan

şeyler. Aslında, dünya dev bir kaplumbağanın sırtında bir tepsi gibi durmakta"

der. Bilimci ise yüzünde esaslı bir gülümseme ile yanıtlar: "Peki, ya kaplumbağa

neyin üstünde duruyor?". "Sen çok akıllısın delikanlı, çok akıllı" der yaşlı bayan,

"Ama ondan aşağısı hep kaplumbağa!".

Evreni sonu olmayan bir kaplumbağa kulesi biçiminde düşünmek çoğumuza

oldukça saçma gelir, ama neye dayanarak daha doğrusunu bildiğimizi sanıyoruz?

Evrene ilişkin ne biliyoruz ve nasıl biliyoruz? Evren nereden gelip nereye

gidiyor? Evrenin bir başlangıcı var mıydı, var idiyse ondan önce ne oldu?

Zamanın doğası nedir? Bir sonu olacak mı? Son zamanlarda fizik biliminde,

bir bölümüne teknolojideki baş döndürücü yeni gelişmelerin olanak sağladığı

atılımlar uzun zamandan beri sorulagelen bu soruların bazılarına yanıt

verebiliyor. Bu yanıtlar güneşin etrafında dönmesi kadar açık -ya da belki

kaplumbağalar kulesi kadar saçma olabilir günün birinde. Bunu ancak zaman ( o

da her ne demekse) gösterecek.

Daha İ.Ö. 340'ta Yunanlı düşünür Aristo Gökkubbe Üstüne adlı kitabında,

dünyanın düz bir tepsi değil de yuvarlak bir küre olduğuna ilişkin iki geçerli

sava yer vermekteydi. Birincisi, Aristo, ay tutulmalarına güneş ve ay arasına

giren dünyanın neden olduğunu anlamıştı. Dünyanın ay üstüne düşen gölgesi,

dünya ancak küresel biçimde ise her zaman göründüğü gibi küresel olabilirdi.

Eğer dünya düz bir disk (yassı bir daire) olsaydı, güneş diskin özeğinin tam

altında olmadığı sürece dünyanın gölgesi bir elips (çekik daire) gibi uzamalıydı.

İkinci olarak, Eski Yunanlılar yaptıkları yolculuklardan, Kutup Yıldızının

güneyde, kuzeyde gözlendiğinden daha alçakta göründüğünü biliyorlardı.

(Kutup Yıldızı, Kuzey Kutbu'nun tam üzerinde olduğu için Kuzey Kutbu'ndaki

bir gözlemcinin tam tepesinde görünür, ekvatordan bakan birisi için ise tam

ufuktadır.) Aristo, Kutup Yıldızı'nın Mısır'da ve Yunanistan' da göründüğü

açıların farkından yararlanarak dünyanın çevresini 400.000 stadyum (eski bir

uzunluk birimi) olarak hesaplamıştı. Bugün bir stadyumun ne uzunlukta olduğu

kesin olarak bilinmiyor ama yaklaşık 190 metreye karşılık olduğu söylenebilir.

Bu hesaba göre, Aristo'nun tahmini bugün kabul edilen değerin iki katıdır.

Yunanlıların dünyanın yuvarlak olması gerektiğine ilişkin bir üçüncü savları

daha vardı: Yoksa neden ufukta gözüken bir geminin yelken direkleri

gövdesinden önce görünsündü?

Aristo, dünyanın durağan olduğunu; güneşin, ayın, gezegenlerin ve

yıldızların da onun etrafında dairesel devinimlerde bulunduğunu sanıyordu.

Dünyanın evrenin özeğinde bulunduğuna ve en yetkin devinimin de dairesel

olduğuna, bazı gizemli nedenlerden dolayı inandığı için bu sonuca varmıştı. Bu

düşünce İ.S. ikinci yüzyılda Ptolemy (Tolemi okunur, Batlamyus olarak da

bilinir) tarafından geliştirilerek kapsamlı bir gökbilimsel model içine oturtuldu.

Özekte duran dünyamız, ayı, güneşi, yıldızları ve o zaman bilinen beş gezegeni,

yani Merkür, Venüs, Mars, Jüpiter ve Satürn'ü taşıyan sekiz tane iç içe küre

tarafından çevrelenmekteydi.

**Şekil 1.1**

Gezegenler, gökte gözlemlenen oldukça karmaşık yörüngelerine uyacak

biçimde, kendilerine ait kürelere bağlı daha küçük daireler boyunca

devinmekteydiler. En dıştaki küre, birbirine göre aynı konumu koruyan,

gökyüzünde birlikte dönen ve "durağan" olarak bilinen yıldızlan taşımaktaydı.

En son kürenin dışında ne olduğu ise hiçbir zaman açıkça ortaya konmamıştı

ama zaten ondan ötesi, insanoğlunun gözlemleyebildiği evrenin bir parçası

değildi elbette.

Batlamyus'un modeli gökkubbedeki cisimlerin konumlarını hesaplayabilmek

için akla yakın doğrulukta bir dizge getirmişti. Ama bu konumları doğru

saptayabilmek için, Batlamyus ayın dünyaya uzaklığının arada bir yarıya

indiğini varsaymak zorunda kalmıştı. Bu varsayım uyarınca ayın bazen iki katı

büyük görünmesi gerekirdi! Batlamyus'un kendisi de modelindeki bu çatlağı

görmüştü ama yine de bu model, herkesçe değilse de çoğu kişi tarafından kabul

gördü. Durağan yıldızlar küresinin ötesinde cennet ve cehennem için yeterince

yer bıraktığından, bu model Hıristiyan Kilisesi'nce de kutsal kitaba uygun evren

görüşü olarak benimsenmişti.

1514 yılında Polonyalı papaz Nicholas Copemicus (Kopemik) tarafından

daha basit bir model öne sürüldü. (Kopemik, modelini ilk başta, kiliseden kafir

damgası yememek için isimsiz olarak yaydı.) Kopemik'in düşünüşüne göre

güneş özekte durağan olmak üzere, dünya ve gezegenler onun çevresinde

dairesel yörüngelerde dönmekteydiler. Bu düşüncesinin ciddiye alınması için

neredeyse bir yüzyıl geçmesi gerekti. Derken iki gökbilimci Alman Johannes

Kepler ve İtalyan Galileo Galilei Kopemik'in kuramını, öngördüğü yörüngeler

gözlemlere pek uymasa da açıkça savunmaya başladılar. Aristocu/Batlamyusçu

kurama, öldürücü darbe 1609 yılında geldi. O yıl, Galileo, henüz yeni bulunan

teleskop ile geceleri gökyüzünü gözlemeye vermişti kendini. Jüpiter gezegenine

baktığı zaman çevresinde dönen birkaç uydu ya da ayın ona eşlik ettiğini gördü.

Bu ise, Aristo ve Batlamyus'un düşündüğünün tersine, her şeyin dünya

çevresinde dönmesinin gerekli olmadığı anlamına gelmekteydi. (Doğal olarak,

dünyanın yine her şeyin özeğinde olduğuna, Jüpiter'in çevresinde dönüyorlarmış

gibi göründüklerine inanmak olanaklıydı, ama Kopemik'in açıklaması buna

oranla çok daha basitti.) Johannes Kepler bu arada Kopemik'in kuramında biraz

değişiklik yaparak, gezegenlerin daire değil elips biçiminde yörüngeler

izlediklerini öne sürdü. Böylelikle hesaplar sonunda gözlemlerle uyuşur duruma

gelmişti.

Kepler'e göre eliptik yörüngeler, temeli olmayan ve üstelik çirkin bir

varsayımdı, çünkü elips, daire kadar yetkin bir geometrik şekil değildi. Eliptik

yörüngelerin gözlemlere uyduğunu neredeyse şans eseri bulmasına karşın,

Kepler bunu, gezegenlerin güneş çevresinde manyetik çekim kuvveti ile

döndüğü yolundaki açıklaması ile bir türlü bağdaştıramadı. Bunun uygun bir

açıklaması çok daha sonra, 1687 yılında, Sir Isaac Newton (Nivtın) tarafından

yayınlanan, fiziksel bilimlerin belki de en büyük yapıtı, Philosophiae Naturalis

Principia Mathematica (Matematiğin İlkelerinin Doğal Felsefesi) ile sağlandı.

Newton, bu yapıtında yalnızca cisimlerin uzay ve zaman içinde nasıl

devindiklerine ilişkin bir kuram ileri sürmüyor, aynı zamanda bunu analiz

edebilmek için gerekli olan matematiği de geliştiriyordu. Buna ek olarak,

Newton evrendeki bir cismin, öteki her cisimce, cisimlerin kütleleri ve

yakınlıklarıyla orantılı bir kuvvetle çekildiğine ilişkin evrensel bir çekim yasası

öne sürmekteydi. Cisimlerin yere düşmesine neden olan da işte bu kuvvet idi.

(Newton'ın başına düşen bir elmadan esinlendiği öyküsü ise kesinlikle uydurma.

Newton'ın bu konuda söylediği yalnızca, kendisi "derin bir düşünme" anında

iken bir elmanın düşmesiyle" yerçekimi kavramının zihninde uyandığıdır.)

Newton kendi yasasından yola çıkarak, kütlesel çekimin, ayın dünyanın

çevresinde, dünyanın ve gezegenlerin de güneşin çevresinde eliptik yörüngelerde

dönmelerine neden olduğunu gösterdi.

Kopemik'in modeli Batlamyus'un göksel kürelerini ve onlarla birlikte

evrenin doğal sınırları düşüncesini yıktı. "Durağan" yıldızlar, dünyanın kendi

ekseni etrafında dönmesinin verdiği, göğü boydan boya geçiyorlarmış

izleniminin dışında, konumlarını değiştirmediklerinden, onları bizim güneşimize

benzeyen ama ondan çok daha uzakta cisimler olarak kabullenmek doğal oldu.

Newton, çekim yasası uyarınca yıldızların birbirlerini çekmeleri gerektiğini

ve bu yüzden temelde devinimsiz olamayacaklarını anlamıştı. Hepsini bir

noktada toplanmaktan ne alıkoyuyordu? 1691 yılında zamanın diğer önemli

düşünürlerinden biri olan Richard Bentley'ye (Bentli) yazdığı mektupta, Newton,

sonlu sayıda yıldız uzayın sonlu bir bölgesi içine yayılmış ise yıldızların

gerçekten bir noktada toplanacağını ileri sürdü. Ancak, öte yandan, sonsuz

genişlikteki uzayda az çok düzgün dağılmış sonsuz sayıda yıldız bulunuyorsa,

bunların toplanacağı belli bir özek olmayacağı için, sonucun böyle

gerçekleşmeyeceğini belirtti.

Bu tür akıl yürütme, sonsuzluktan söz ederken, karşınıza çıkabilecek

bataklardan bir tanesidir. Sonsuz bir evrende her nokta özekmiş gibi görünebilir,

çünkü her noktanın çevresinde sonsuz sayıda yıldız vardır. Doğru yaklaşım ise,

çok daha sonraları anlaşıldığı gibi, önce yıldızların aynı noktaya çekildikleri

sonlu durumu göz önüne almak, sonra da bu bölgenin dışına az çok düzgün

dağılmış başka yıldızlar eklediğimizde ne olacağı sorusunu sormaktır. Newton'ın

yasasına göre, sonradan eklenen yıldızlar ilk baştaki yıldızlara ortalama olarak

hiçbir etki yapmayacağından, yıldızların yine hemen birbirleri üstüne düşmeleri

gerekirdi. Bu modele ne kadar yıldız eklersek ekleyelim aynı sonuca

uğrayacaklardır. Bugün biliyoruz ki, kütlesel çekim kuvvetinin her zaman etkili

olduğu sonsuz genişlikte statik bir evren modeli olanaksızdır.

Yirminci yüzyıl öncesi evrenin genişlemekte ya da büzülmekte olduğunun

hiç önerilmemiş olması o zamanların genel düşün ortamı için ilginç bir saptama.

Genel inanışa göre evren, ya sonsuzdan beri hiç değişmeyen bir durumda

varlığını sürdürmekteydi, ya da geçmişte bir anda az çok bugün gözlemlediğimiz

biçimde yaratılmıştı. Böyle bir inanışın nedeni, insanların sonsuzluğa ilişkin soru

sormaktan ürkme eğilimleri olduğu gibi, bir gün yaşlanıp ölecek olsalar bile

evrenin sonsuzdan beri varolduğu ve hiç değişmeden sonsuza kadar varolacağı

düşüncesinin rahatlığına sığınmaları da olabilir.

Newton'ın çekim yasasının, evrenin statik olamayacağını gösterdiğini

kavrayanlar bile evrenin genişliyor olabileceğini akıllarına getirmediler. Bunun

yerine çekim kuvvetini çok uzak mesafeler için itme kuvveti biçimine

dönüştürerek kuramı değiştirmeye yeltendiler. Bu yenilik, gezegenlerin

devinimlerini hesaplamada fazla bir değişiklik getirmeden, yakın yıldızlar

arasındaki kuvvetin uzak yıldızların uyguladığı itme kuvvetiyle dengelendiği

sonsuz sayıdaki yıldızın denge konumuna olanak verdi. Ama şimdi biliyoruz ki

böyle bir denge kararsızdır: Eğer belli bir bölgedeki yıldızlar birbirlerine azıcık

yaklaşacak olsalar, aralarındaki çekim kuvveti uzak yıldızların itme kuvvetine

üstün gelir ve yıldızlar birbirlerinden azıcık uzaklaşacak olsalar, bu kez itme

kuvvetinin üstün gelmesiyle birbirlerinden daha da uzaklaşırlardı.

Sonsuz statik evren düşüncesine bir diğer karşı çıkış da 1823 yılında bu

konuya ilişkin bir makale yayınlayan Alman filozof Heinrich Olbers'e (Olbers)

atfedilir. Aslında Newton'ın çok sayıda çağdaşı bu soruna parmak basmıştı, hatta

Olbers'in makalesi akla uygun karşı çıkışlar içeren tek yayın da değildi, ancak ilk

kez yaygın biçimde onunkinden söz edilmiştir. Zorluk, sonsuz statik evrende

hemen hemen her görüş çizgisinin bir yıldızın yüzeyinde sonlanacağından

kaynaklanmaktadır. Bu yüzden bütün gökyüzünün, gece bile, güneş gibi parlak

olması gerekirdi. Olbers'in karşı görüşüne göre uzak yıldızların saçtığı ışıklar

dünyamıza daha ulaşmadan aradaki madde tarafından zayıflatılıyor olmalıydı.

Ama bu durumda aradaki maddenin sonuç olarak ısınması ve yıldızlar kadar

parlıyor olması beklenmeliydi. Geceleyin bütün gökyüzünün güneş yüzeyi kadar

parlak olması gerektiği sonucundan kaçınmanın tek yolu yıldızların sonsuzdan

beri parlamadıklarını ama sonlu bir geçmişte yakıldıklarını varsaymak oluyordu.

Böylece ışığı emen madde henüz ısınmamış ya da uzak yıldızların ışıkları henüz

bize ulaşmamış olacaklardı. Bu da bizi ilk başta yıldızların nasıl yakıldıkları

sorusuna getirir.

Evrenin başlangıcı doğal olarak bundan çok önce de tartışılıyordu. İlk

astronomi bilgilerine ve Yahudi-Hıristiyan-İslam inançlarına göre evren çok

uzak olmayan sonlu bir geçmişte başlamıştı. Böyle bir başlangıca inanmanın

kaynağı, evrenin varlığını açıklamak için insanlar bir "İlk Neden" kavramının

gerekli olduğunu sanmalarıydı. (Evrende her olay önceki bir olayın sonucu

olarak açıklanır ama evrenin kendi varlığı bu yolla ancak bir başlangıcı oluşuyla

açıklanabilirdi.) Diğer bir sav da Tanrı'nın Şehri adlı kitabında Aziz Augustine

tarafından ortaya kondu. İleri sürdüğüne göre uygarlık gelişirken kimin ne

yaptığını ve hangi tekniği geliştirdiğini anımsıyorduk. Şu halde, insanoğlu ve

onunla birlikte evren de uzun bir süredir varolmuş olamazdı. Aziz Augustine

evrenin Yaradılış tarihi olarak Tevrat'a dayanarak İ.Ö. 5000 yılını kabul etti.

(İlginçtir ki bu tarihi, arkeologların uygarlığın gerçekten başladığı çağ olarak

söyledikleri son Buzul çağının bitiminden -yaklaşık İ.Ö. 10.000- o kadar uzak

değildir)

Öte yandan Aristo ve diğer Yunan filozoflarının çoğu, işe tanrıyı gereğinden

fazla karıştırdığı için yaradılış düşüncesinden hoşlanmıyorlardı. Onların inancına

göre insan soyu ve çevresindeki dünya sonsuzdan beri vardı ve sonsuza değin

varolacaktı. Eski düşünürler yukarıda anlatılan uygarlığın gelişmesine ilişkin

savı çoktan ele almış ve buna yanıt olarak da arka arkaya gelen sellerin ya da

diğer felaketlerin insan soyunu, uygarlığın en başına tekrar geri götürdüğünü

söylemişlerdir.

Evrenin zaman içinde başlangıcı ve uzay içinde sınırı olup olmadığı sorulan

daha sonra filozof Immanuel Kant (Kant) tarafından 1781 yılında yayınlanan

Salt Düşüncenin Eleştirisi adlı dev (ve anlaşılamayan) yapıtında geniş olarak

incelendi. Kant bu soruları salt düşüncenin çelişkileri olarak adlandırdı. Çünkü

evrenin bir başlangıcı olduğu tezi kadar, evrenin sonsuzdan beri varolduğu

karşıtezine de inanmak için geçerli savlar olduğunu sanıyordu. Tezi savunmak

için ileri sürdüğüne göre, bir başlangıcı yoksa herhangi bir olaydan önce sonsuz

uzunlukta bir zaman olması gerekecekti ki, bunu saçma buluyordu. Karşıtezi

savunmak için ileri sürdüğüne göre ise, eğer evrenin bir başlangıcı varsa ondan

önce sonsuz uzunlukta bir zaman olmalıydı o halde evren başlamak için niye o

belirli anı seçmişti? Kant'ın tez ve karşıteze ilişkin ortaya koyduğu savlar aslında

birbirinin aynıydı. Her ikisi de açıkça ortaya koymadığı, evrenin sonsuzdan beri

varolup olmadığı sorusundan bağımsız olarak zamanın sonsuzdan beri sürüp

geldiği varsayımına dayanmaktaydı. Göreceğimiz gibi zaman kavramının

evrenin başlangıcından önce hiçbir anlamı yoktur. Bu noktaya ilk olarak Aziz

Augustine işaret etmiştir. Augustine, Tanrı evreni yaratmadan önce ne yapıyordu

diye soru soranlara, "Böyle soruları soranlara cehennemi hazırlıyordu" biçiminde

yanıt vermezdi. Onun yerine zamanın, Tanrı'nın yarattığı evrenin bir özelliği

olduğunu, ondan önce zamanın olmadığını söylerdi.

İnsanların çoğunun temelde statik ve değişmeyen bir evrene inandıkları

dönemde, evrenin bir başlangıcının olup olmadığı sorusu daha çok fizikötesi ve

dinbilimi kapsamına giriyordu. Evrenin hem sonsuzdan beri varolduğu kuramı,

hem de belirli bir anda sanki sonsuzdan beri varmış gibi görünecek biçimde

başlatıldığı kuramı, gözlemleri eşit geçerlikte açıklayabiliyordu. Ama 1929

yılında Edwin Hubble (Habıl) bir dönüm noktası olan gözlemini gerçekleştirdi:

Hangi yöne bakarsak bakaIım uzak yıldız kümeleri hızla bizden uzaklaşıyorlardı.

Başka bir deyişle, evren genişliyordu. Bu demekti ki, eskiden cisimler birbirine

bugün olduklarından daha yakındılar. Gerçekten de öyle görünüyordu ki,

yaklaşık on ya da yirmi milyar yıl önce bir anda tüm cisimler tek bir noktadaydı

ve bundan dolayı evrenin yoğunluğu o anda sonsuzdu. Bu buluş, evrenin

başlangıcı sorusunu en sonunda bilimin alanına soktu.

Hubble'ın gözlemleri evrenin sonsuz küçüklükte ve sonsuz yoğunlukta

olduğu Büyük Patlama denilen bir anın varlığını gösteriyordu. Bu koşullar

altında bilimin bütün kuralları işlemez oluyor ve buna bağlı olarak geleceğe

ilişkin kestirimlerde bulunmak olanaksızlaşıyordu. Bu andan önce olaylar olmuş

olsa bile, şimdi olanları etkileyemezdi. Hiçbir gözlemsel sonuçları olmayacağı

için bu olayın varlığı görmezlikten gelinebilir. Denebilir ki, zaman, daha önceki

zamanlar tanımlanamayacağı için, büyük patlama ile başlamıştır. Yalnız,

zamanın bu başlangıç kavramının daha öncekilerden çok daha değişik olduğunu

vurgulamak gerekir. Değişmeyen bir evrende zamanın başlangıcı evren dışı bir

varlık tarafından getirilmesi gereken bir şeydir; başlangıç için fiziksel bir

gereklilik yoktur. Tanrı'nın evreni geçmişte, sözcüğün tam anlamıyla, istediği bir

anda yarattığına inanılabilir. Öte yandan, eğer evren genişliyorsa zamanın

başlangıcı için fiziksel nedenler olabilir. Canı isteyen hâlâ, Tanrı'nın evreni

büyük patlama anında, hatta daha sonraki bir zamanda büyük patlama olmuş

gibi, yarattığı yolunda düşünebilir, ama evrenin büyük patlamadan önce

yaratıldığını varsaymak anlamsız olacaktır. Genişleyen bir evren bir yaratıcının

varlığını dışlamıyor ama onun bu işi becerdiği zamana ilişkin sınırlamalar

getiriyor!

Evrenin doğası üzerinde konuşabilmek ve başlangıcı ya da sonu olup

olmadığını tartışabilmek için bir bilimsel kuramın ne olduğunu açıkça bilmeniz

gerekir. Kolay bir yol seçerek, bir kuramı, evrenin ya da onun sınırlı bir

parçasının modeli ve gözlemlerimizi bu modeldeki niceliklere bağlayan kurallar

takımı olarak tanımlayacağım. Kuramın varlığı yalnızca aklımızın içindedir ve

başkaca hiçbir gerçekliği (herhangi bir anlamda) yoktur. Bir kuram şu iki koşulu

sağlıyorsa iyi bir kuramdır: Olabildiğince az sayıda isteğe bağlı öğeyi içeren bir

modele dayanarak büyük bir gözlemler sınıfını doğrulukla betimlemeli ve

gelecekteki gözlemlerin sonuçlarına ilişkin belirli kestirimlerde bulunabilmeli.

Örneğin, Aristo'nun her şeyin toprak, hava, su ve ateşten oluştuğu yolundaki

kuramı birinci koşulu sağlayabilecek basitlikte olmasına karşın gelecekteki

olaylara ilişkin önceden belirli bir şey söylemiyordu. Öte yandan Newton'ın

çekim yasası daha da basit şu modele dayanmakta: Cisimler kütle denen

nicelikleri ile doğru orantılı olarak ve aralarındaki uzaklığın karesi ile ters

orantılı olarak birbirlerini çekerler. Ama bu kuram güneşin, ayın ve gezegenlerin

devinimlerini büyük bir doğrulukla saptayabiliyor.

Fiziksel bir kuram, yalnızca bir önerme olması, yani doğruluğunun

kanıtlanamaması bağlamında, her zaman geçicidir. Deneylerin sonuçları kuramla

kaç kez uyuşursa uyuşsun gelecekte ortaya çıkacak bir sonucun kuramla

çelişmeyeceğinden emin olamazsınız. Öte yandan, kuramın kestirimiyle ilgili tek

bir çelişki bularak kuramın yanlışlığını kanıtlayabilirsiniz. Bilim felsefecisi Karl

Popper'ın (Papır) vurguladığı gibi, iyi bir kuram ilkesel gözlemler tarafından

yanlışlığı çıkarılabilen ya da doğru olmadığı kanıtlanabilen birtakım

kestirmelerde bulunabilme özelliğini taşımalıdır. Kestirmelere uyan sonuçların

elde edildiği her deney ya da gözlem sonucu, kuram yaşamını sürdürür ve ona

olan güvenimiz artar; ama kuramla uyuşmayan herhangi bir gözlem ortaya

çıkarsa, o kuramı ya bırakmalı ya da değiştirmeliyiz . En azından, böyle

yapılması gerekir; ancak elbette gözlemci gerçekleştirilen kişinin

yeteneklerinden kuşku duyabilirsiniz.

Uygulamada daha çok, yeni bir kuramın, önceki kuramın uzantısı olarak

geliştirdiği ne rastlanır. Örneğin, Merkür gezegeninin çok duyarlı biçimde

gözlemlenmesi, onun devinimiyle Newton'ın kütlesel çekim kuramına dayanan

hesaplamalar arasında küçük bir ayrımı ortaya çıkardı. Einstein’ın genel görelik

kuramı Newton'ın kuramından biraz daha değişik bir devinim öngörüyordu.

Newton'ın kuramının uymadığı gözlemlere Einstein'ın kuramının uyması, yeni

kuramın can alıcı doğrulamalarından biriydi. Ama Newton kuramını günlük

yaşamda hala kullanıyoruz, çünkü uğraştığımız olağan işlerde onun sonuçlarıyla

genel görelik kuramının sonuçları arasındaki ayrım önemsenmeyecek kadar

küçüktür. (Newton'ın kuramının Einstein'ınkine göre büyük bir üstünlüğü de çok

daha basit oluşudur!)

Bilimin sonuçta amacı, tüm evreni açıklayan tek bir kuram ortaya koymaktır.

Bununla birlikte çoğu bilimcinin izlediği yol, sorunu ikiye bölmektir. Birincisi,

bize evrenin zamanla nasıl değiştiğini anlatan yasalardır. (Evrenin herhangi bir

zamanda ne durumda olduğunu biliyorsak, bu fizik yasaları bize onun daha

sonraki bir zamanda nasıl olacağını söyler.) İkincisi, evrenin ilk durumunun ne

olduğu sorusudur. Bazılarına göre bilim yalnızca birinci bölümle uğraşmalıdır;

bunlar ilk durum sorusunu fizikötesi ya da dinin konusu sayarlar. Bu kişilere

göre Tanrı, her şeye gücü yeten olarak evreni dilediği gibi başlatmış olabilir.

Öyleyse Tanrı, evreni yine isteğine bağlı biçimde geliştirebilirdi. Gerçekte

görünen o ki, evreni, belli yasalara uyarak düzenli bir biçimde geliştirmeyi

seçmiş. Şu halde ilk durumu yöneten yasaların da olduğunu varsaymak eşit

ölçüde akla uygun olacaktır.

Evreni bir oturuşta açıklayacak bir kuram ortaya koymanın, çok zorlu bir

uğraş olduğu açık. Bunun yerine, problemi parçalara bölüp birden çok kısmi

kuram geliştiriyoruz. Bu kısmi kuramların her biri, belli sınırlı gözlemler

topluluğunu açıklarken ya da kestirimlerde bulunurken, başka niceliklerin

etkilerini ya yok sayıyor ya da birtakım sayılara indirgiyor. Bu yaklaşım tümüyle

yanlış olabilir. Evrendeki her bir şey başka her şeye temelde bağlı ise, problemin

birbirinden yalıtılmış bölümlerini inceleyerek tam çözüme ulaşmak olanaksız

olabilir. Bununla birlikte, geçmişte bu yöntemle kuşkusuz epey gelişme

kaydettik. Klasik örnek yine, iki cisim arasındaki çekim kuvvetinin, cisimlerin

neden yapıldıklarından bağımsız olarak, salt kütleleriyle doğru orantılı olduğunu

söyleyen Newton'ın çekim yasasıdır. Böylece, güneşin ve gezegenlerin

yörüngelerini hesaplamak için, yapıları ve içeriklerine ilişkin kuramlara gerek

kalmaz.

Bugün bilimciler, evreni iki temel kısmi kuramla betimliyorlar -genel görelik

kuramı ve tanecik mekaniği. Her ikisi de bu yüzyılın ilk yarısının büyük

düşünsel başarılarıdır. Genel görelik kuramı kütlesel çekim kuvvetini ve evrenin

büyük ölçekteki yapısını -yani birkaç kilometre kadar küçükten başlayıp evrenin

gözlemlenebilir sınırı olan milyon kere milyon (l'den sonra yirmi dört sıfır)

kilometre kadar büyüğe uzanan yapısını anlatır. Tanecik mekaniği ise bir

santimetrenin bin milyarda biri kadar küçük ölçekteki olaylarla uğraşır. Ne yazık

ki, bu iki kuramın birbiriyle çeliştikleri bilinmektedir, yani her ikisi de doğru

olamaz. Günümüz fiziğinin zor görevlerinden biri ve bu kitabın ana konusu, her

iki kuramı da içine alacak bir yeni kuram "çekimin tanecik kuramı" arayışıdır. Şu

anda böyle bir kurama sahip değiliz ve ondan hala çok uzakta olabiliriz ama

kuramın taşıması gereken özelliklerden çoğunu şimdiden biliyoruz. Ayrıca, daha

sonraki bölümlerde göreceğimiz gibi, çekimin tanecik kuramının yapması

gereken kestirimlere ilişkin epeyce bilgimiz var.

Eğer evrenin isteğe bağlı olmadığına, ama belirli yasalarla yönetildiğine

inanmıyorsanız, kısmi kuramları eninde sonunda evrende her şeyi

açıklayabilecek eksiksiz tek bir kuramda birleştirmeniz gerekmektedir. Ama

böyle eksiksiz bir birleşik kuram arayışının temelinde bir mantığa aykırılık

yatmaktadır. Yukarıda ana hatları çizilen bilimsel kurama ilişkin düşünceler,

bizim, evreni istediği gibi gözlemleyebilen ve gördüklerinden mantıksal sonuçlar

çıkarabilen, özgür ve mantıklı varlıklar olduğumuzu varsaymaktadır. Bu

durumda evreni yöneten kurallara her an daha da yaklaşarak ilerleyebileceğimizi

varsaymak akla uygundur. Ancak gerçekten eksiksiz bir birleşik kuram varsa

olasılıdır ki bizim davranışlarımızı da belirlemektedir. O halde kuramın kendisi

onu arayışımızın sonucunu da belirleyecektir! Öyleyse, elde ettiğimiz verilerden

niçin doğru sonuca ulaşacağımızı belirlemiş olsun? Pekala yanlış sonuçlara

ulaşmamızı belirlemiş olabilemez mi? Ya da hiçbir sonuç elde

edemeyeceğimizi?

Benim bu soruya verebileceğim tek yanıt Darwin'in doğal seçilim ilkesine

dayanmaktadır. Kendi kendine üreyen organizmaların bulunduğu herhangi bir

toplulukta değişik bireylerin kalıtsal malzemelerinde ve yetiştirilmelerinde

farklılıklar olacaktır. Bu ayrımlar bazı bireylerin çevrelerindeki dünyaya ilişkin

daha doğru sonuçlar çıkarma ve buna uygun davranmada diğer bireylerden daha

yetenekli olacağı anlamına gelir. Bu bireyler yaşam savaşını daha büyük bir

olasılıkla kazanıp üreyecekler ve onların davranış kalıpları ve düşünceleri baskın

olacaktır. Zeka ve bilimsel buluş dediklerimizin geçmişte, yaşam savaşında

üstünlük sağladıkları hiç kuşkusuz doğrudur. Ama bunun hala geçerli olduğu pek

açık değil: bilimsel buluşlarımız pekala hepimizi yok edebilir, yok etmese bile,

eksiksiz birleşik kurama erişmemiz, yaşamımızı sürdürebilme olasılığımızı pek

değiştirmeyebilir. Ama evrenin evriminin belli kurallara uyduğu düşünülürse,

doğal seçimin bize bağışladığı akıl yürütme yetisinin eksiksiz birleşik kuramı

bulmada ve bizi yanlış sonuçlardan uzak tutmada da geçerli olacağını

umabiliriz.

Şu anda elimizde bulunan kısmi kuramlar çok uç durumlar dışında doğru

kestirmelerde bulunmada yeterli olduklarından, evrenin yüce kuramını araştırma

çabalarını, uygulama açısından haklı göstermek zor görünüyor. (Benzer savların

bir zamanlar görelik ve tanecik mekaniği kuramlarına karşı da kullanılmış

olabileceğini ama bu kuramların bugün bize nükleer enerjiyi ve mikroelektronik

devrimini sağlamış olduklarını kaydetmeli!) Gerçekten de, eksiksiz birleşik

kuramın bulunması, soyumuzu sürdürmekte yardımcı olmayabilir. Hatta yaşam

biçimimizi bile etkilemeyebilir. Ama uygarlığın şafağından bu yana insanoğlu,

olayları bağlantısız ve açıklanamaz görmekten hoşlanmamıştır. Dünyasını

yöneten düzeni anlamayı şiddetle arzulamıştır. Bugün hala niye burada

olduğumuzu ve nereden geldiğimizi bilmeye özlem duyuyoruz. İnsanlığın bilgi

için en derin arzusu, bu sürekli arayışımız için yeterli bir nedendir. Hedefimiz de

içinde yaşadığımız evreni en azından eksiksizce betimlemektir.

**2 Uzay ve Zaman**

Kütlelerin devinimine ilişkin bugünkü düşüncelerimiz Galileo ve Newton' a

dayanır. Onlardan önce, kütlenin doğal olarak devinimsiz olduğunu ve ancak bir

kuvvet ya da dürtü tarafından devinime geçirilebileceğini söyleyen Aristo'ya

inanılırdı. Bu düşünceye göre, ağır bir cismin hafif bir cisimden daha hızlı

düşmesi gerekirdi, çünkü yere doğru çekimi daha fazla olmalıydı.

Yine Aristo geleneğine göre, evreni yöneten yasalara salt düşünce yoluyla

varılabilirdi: gözlem yoluyla doğrulamaya gerek yoktu. Böylece Galileo'ya dek

kimse değişik ağırlıktaki cisimlerin gerçekten değişik hızlarda düşüp

düşmediğini araştırma zahmetinde bulunmadı. Galileo'nun eğik Pisa kulesinin

tepesinden ağırlıklar atarak Aristo'nun inancının yanlışlığını gösterdiği söylenir.

Öykünün kuşkusuz yakıştırma olması bir yana, Galileo aslında buna eşdeğer bir

şey yaptı: yumuşak bir eğimden değişik ağırlıkta toplar yuvarladı. Olay, ağır

cisimlerin düşmesine benzer, ancak topların hızı az olduğundan gözlemlemesi

kolaydır. Galileo'nun ölçümleri, ağırlığı ne olursa olsun her cismin aynı hızda

hızlandığını gösterdi. Örneğin, her on metrede bir metre alçalan bir eğimde topu

bıraktığınızda, bir saniye içinde top yaklaşık saniyede bir metre hızla

yuvarlanmakta olur. İki saniye sonra ise saniyede iki metre hızla yuvarlanır,

ağırlığı ne olursa olsun. Doğal olarak kurşun ağırlık tüyden daha hızlı düşer, ama

bunun nedeni tüyü yavaşlatan hava direncidir. Hava direnci az olan iki cismi,

örneğin iki kurşun ağırlığı bıraksanız, her ikisi de aynı hızda düşer.

Galileo'nun ölçümlerini Newton, kendi devinim yasalarına temel olarak aldı.

Galileo'nun deneylerinde bir cisim eğimden aşağı yuvarlanırken, hep aynı

kuvvetin (kendi ağırlığının) etkisindeydi ve bunun sonucu düzenli olarak

hızlanmaktaydı. Şu halde kuvvetin asıl etkisi, daha önceleri sanıldığı gibi

yalnızca cismi devinime geçirmek değil, cismin hızını değiştirmekti. Bu demekti

ki, cisim hiçbir kuvvetin etkisi altında değilse, bir düz çizgi üzerindeki

devinimini aynı hızda sürdürmeliydi. Birinci Newton Yasası olarak bilinen bu

düşünceyi Newton ilk kez, 1687' de basılan Matematiğin İlkeleri adlı kitabında

açıkladı. Bu yasaya göre cisim, kuvvet ile doğru orantılı olarak hızını değiştirir,

yani ivmelenir. (Örneğin kuvvet iki katına çıkarsa ivme de iki katı büyük olur).

Aynı zamanda, cismin kütlesi (yani maddesi) artarsa, ivmesi azalır. (Aynı kuvvet,

kütlesi iki katı olan bir cisme kadar ivme verebilir.) Yakından bildiğimiz bir

örnek: otomobilin motoru ne kadar güçlüyse o kadar çabuk hızlanır, ama daha

ağır bir otomobili aynı motor daha yavaş hızlandırır.

Newton, devinim yasalarına ek olarak kütlesel çekim kuvvetini belirleyen bir

yasa buldu: her cisim bir ötekini kütlesiyle doğru orantılı bir kuvvet ile çeker.

Buna göre cisimlerden birinin (diyelim A cisminin) kütlesi iki katına çıkarsa, iki

cismin arasındaki kuvvet de iki katına çıkar. Bu beklenen bir sonuç, çünkü bu

yeni A cismi, kütlesi başlangıçtakine eşit iki cisimden oluşmuş gibi

düşünülebilir. Her biri, B cismini başlangıçtaki kuvvetle çeker. Böylece A ile B

arasındaki toplam kuvvet başlangıçtakinin iki katı olur ve diyelim ki B cisminin

kütlesi de üç kat arttı, o zaman kuvvet başlangıçtakinin altı katına çıkar. Şimdi

niye tüm cisimlerin aynı hızda düştüğü anlaşılabilir: ağırlığı iki katı olan cisim

iki katı kuvvetli bir çekimle yere doğru çekilir ama kütlesi de iki katı fazladır.

İkinci Newton Yasasına göre, bu iki etki birbirini götüreceği için ivme her

durumda aynı kalır.

Newton'ın kütlesel çekim yasası ayrıca, cisimler birbirinden uzaklaştıkça

çekim kuvvetinin azaldığını söyler. Bu yasaya göre bir yıldızın çekim kuvveti,

yarı uzaklıktaki benzeri bir yıldızınkinin dörtte biri kadardır. Bu yasa dünyanın,

ayın ve gezegenlerin yörüngelerinin büyük bir doğrulukla hesaplanmasına

olanak verir. Eğer yasa böyle olmayıp da yıldızın çekim kuvveti uzaklığı arttıkça

daha fazla azalsaydı, gezegenlerin yörüngeleri eliptik olmazdı, gezegenler

sarmal bir yörünge çizerek güneşe doğru inişe geçerlerdi. Tam tersine, daha az

azalsaydı, uzak yıldızların çekim kuvveti güneşinkine baskın çıkardı.

Aristo'nun düşüncesi ile Galileo ve Newton'ın düşünceleri arasındaki en

büyük fark, Aristo'nun, cismi iten bir kuvvet ya da dürtü olmadıkça cismin

durağan kalmayı yeğleyeceğine inanmasaydı. Özellikle dünyanın durağan

olduğunu düşünüyordu. Oysa Newton'ın yasalarında belirli bir durağanlık,

devinimsizlik durumu yoktur. A cismi durağan ve B cismi sabit bir hızla gidiyor

denilebileceği gibi, B cismi durağan ve A cismi deviniyor denilebilir. Örneğin,

dünyanın kendi etrafında ve güneş çevresinde dönme hareketini bir yana

bırakırsak, dünya duruyor ve bir tren kuzey yönünde saatle doksan kilometre

hızla gidiyor, ya da tren duruyor ve dünya güneye doğru saatte doksan kilometre

hızla gidiyor diyebiliriz. Trenin içinde hareket eden cisimlerle yapılan

deneylerde, Newton yasaları geçerliliklerini korurlar. Örneğin trende pingpong

oynarken topunuz, rayların kıyısında bir masadaki top gibi Newton'ın yasalarına

uyar. O halde tren mi gidiyor yoksa dünya mı bilemezsiniz.

Mutlak durağan bir dayanağın olmayışı nedeniyle, farklı zamanlardaki

olayların uzayda aynı yerde oluştuğunu belirlemek olanaksızdır. Örneğin

trendeki pinpong topumuz masada zıplayarak aynı noktaya bir saniye ara ile

çarpıyor olsun. Tren yolunda durmakta olan bir kişiye göre, top masaya yirmi

beş metre ara ile çarpmaktadır, çünkü bir saniyede tren o kadar yol alır. Şu halde,

mutlak bir durağanlık konumu olmayışından ötürü, Aristo'nun sandığı gibi

olaylar uzayda mutlak bir konuma bağlanamaz. Olayların konumu ve

aralarındaki uzaklık trendeki bir kişiye göre başka, tren yolunda duran bir kişiye

göre başkadır ve birinin konumunu ötekine yeğlemek için herhangi bir neden

yoktur.

Newton mutlak konumun, ya da o zamanlar anıldığı gibi mutlak uzayın

yokluğundan pek kaygılanmıştı, çünkü mutlak bir Tanrı düşüncesiyle

bağdaşmıyordu. Gerçekten de Newton, kendi yasalarından çıkan mutlak uzayın

yokluğu düşüncesini reddetti. Bu akla uygunsuz inancı yüzünden birçok kişi

tarafından ağır eleştirilere uğradı. Bu eleştiriler içinde en dikkate değer olanı,

tüm nesnelerin uzayın ve zamanın bir yanılsama olduğuna inan filozof Psikopos

Berkeley'den (Börkli) geldi. Ünlü Dr. Johnson'a (Cansın) Berkeley'nin bu görüşü

aktarıldığında, bağırarak, "Ben onu böyle çürütürüm!" dedi ve ayak

başparmağını büyük bir taşa çarptı.

Hem Aristo hem de Newton mutlak zamanı kabul etmişlerdi. Yani iki olay

arasındaki zaman aralığının kesin olarak ölçülebileceğine ve iyi saatler

kullanıldıkça, her kim ölçerse ölçsün bu zamanı aynı bulacağına inanıyorlardı.

Zaman uzaydan tümüyle ayrı ve bağımsızdı. Bu görüş çoğunluğun sağduyusuna

uygundu. Ancak sonraları uzay ve zamana ilişkin düşüncelerimizi değiştirmek

zorunda kaldık. Sağduyusal kavramlar, elma gibi, yavaş devinen gezegenler gibi

şeylerle uğraşırken geçerli olsa da, ışık ya da ona yakın hızla devinen şeyler için

hiç de geçerli olmuyor.

Işığın sonlu ama çok büyük bir hızla gittiği ilk olarak 1676 yılında

Danimarkalı gökbilimci Ole Christensen Roemer (Römer) tarafından bulundu.

Uydularının Jüpiter'in gölgesinde kalması olaylarının düzensiz olduğunu

gözlemledi Roemer. Demek ki uydular sabit bir hızla dönmüyorlardı. Dünya ve

Jüpiter, güneş etrafında yörüngelerini çizerken, aralarındaki uzaklık değişir.

Roemer, Jüpiter'in uydu tutulmalarının biz Jüpiter'den uzaktayken daha uzun

sürdüğünü fark etti. Bunu, uydular bizden uzaklaştıkça ışıklarının, bize

erişebilmek için daha uzun zaman almasına bağladı. Ancak, Jüpiter’in dünyadan

uzaklığındaki değişimleri ölçerken yaptığı hatalar sonucu, bugün saniyede

300.000 km olarak bildiğimiz ışık hızını saniyede 225.000 km olarak

hesaplayabildi. Bu hataya rağmen, Roemer'in ışığın sonlu hızla gittiğini

kanıtlamakla kalmayıp, bu hızı ölçerek elde ettiği başarı olağanüstüydü-hele

bunu Newton'ın Matematiğin İlkeleri kitabının yayınlanmasından on yıl önce

sağlamış olduğu göz önüne alınırsa.

Işığın yayılmasını açıklayan yerinde bir kuram, ancak 1865'te Britanyalı

fizikçi James Clerk Maxwell'İn (Maksvel) o güne dek elektrik ve manyetik

kuvvetleri tanımlayan parça parça kuramları birleştirmeyi başarmasıyla ortaya

çıktı. Maxwell'in denklemlerine göre birleşik elektromanyetik alanda dalgaya

benzer çırpıntılar olabilir ve bunlar durgun suda yayılan halkalar gibi sabit bir

hızla yayılabilirdi. Bu dalgaların dalgaboyu (iki dalga tepesi arasındaki uzaklık)

bir metreden uzun olanlarına bugün radyo dalgaları diyoruz. Daha kısa olanları

mikrodalgalar (birkaç santimetre) ya da kızılötesi ışınlar (santimetrenin binde

biri) olarak bilinir. Görünen ışığın dalgaboyu yalnızca santimetrenin 40

milyonda biri ile 80 milyonda biri arasında değişir. Daha kısa dalgaboylular ise

morötesi ışınlar, röntgen ve gama ışınlarıdır.

Maxwell'in kuramı radyo ve ışık dalgalarının belli bir sabit hızla yol aldığına

varıyordu. Ama Newton'ın kuramı mutlak durağanlık düşüncesini ortadan

kaldırdığına göre, ışık sabit bir hızla yol alıyorsa, bu hız neye göre ölçülüyor

sorusunu yanıtlamak gerekiyordu. O halde her yerde, hatta "boş" uzayda bile

bulunan "eser" denilen bir şeyin varlığı öne sürüldü. Işık dalgaları, ses

dalgalarının havada yayılması gibi, eserde yayılıyor olmalıydı, o halde hızı da

esere göre ölçülebilirdi. Esere göre değişik hızlarda devinen gözlemciler, ışığın

kendilerine değişik hızlarda geldiğini görecekler, ama ışığın esere göre hızı

değişmeyebilecekti. Özellikle, dünya güneş etrafındaki yörüngesinde eser içinde

ilerlerken, dünyanın devinimi yönünde (biz ışık kaynağına yaklaşırken)

ölçtüğümüz ışık hızı, bu devinime dik açılardan (kaynağa göre durağanken)

ölçtüğümüz ışık hızından daha fazla olmalıydı. 1887'de Albert Michelson

(Maykılsın) (ki daha sonra fizik dalında Nobel ödülü kazanan ilk Amerikalı

oldu) ve Edward Morley (Morli), Cleveland Case Uygulamalı Bilimler

Okulu'nda büyük bir dikkatle şu deneyi yaptılar: Işığın dünyanın devinimi

yönündeki hızıyla, bu devinime dik açılardaki hızını karşılaştırdılar. Büyük bir

şaşkınlıkla ölçümlerin tıpatıp aynı olduğunu gördüler.

1887 ve 1905 yılları arasında, Hollandalı fizikçi Hendrik Lorentz (Lorenz)

başta olmak üzere birçok kişi Michelson-Morley deneyinin sonucunu, eserde

devinirken kısalan cisimler ve geri kalan saatlerle açıklama girişiminde bulundu.

Ama, 1905 tarihli ünlü makalesinde, o zamana dek İsviçre Patent Bürosu'nda

isimsiz bir memur olan Albert Einstein (Aynştayn), eser kavramının tümüyle

gereksiz olduğuna işaret etti, ama mutlak zaman kavramından vazgeçilmesi ön

koşuluyla. Benzer bir tez birkaç hafta sonra önde gelen bir Fransız matematikçisi

Henri Poincare (Puvankare) tarafından ileri sürüldü. Einstein'ın savları fiziğe, bu

soruna salt matematik açısından yaklaşan Poincare'ninkinden daha yakındı. Bu

yeni kuramı bulma şerefi çoğunlukta Einstein'a verilir ama Poincarede bu

kuramdan söz edilirken isminin önemli bir ölçüde geçmesiyle anılır.

Görelik kuramı olarak bilinen bu teorinin temel önermesi, hızı ne olursa

olsun, özgürce hareket eden her gözlemciye göre bilim yasalarının aynı

oluşuydu. Bu düşünce, Newton'ın devinim yasaları içinde de geçerliydi ama

şimdi kapsamı genişlemiş oluyordu. Maxwell'in kuramını ve ışık hızını da içine

alarak: ne hızla giderse gitsinler tüm gözlemciler ışığın hızını aynı ölçmeliydiler.

Bu basit görünen düşüncenin olağanüstü sonuçları vardır. Herhalde en çok

bilinenleri, Einstein'ın ünlü denklemi E=mc2 (E enerji, m kütle ve c ışık hızı

olmak üzere) ile özetlenen kütle-enerji eşdeğerliği ve hiçbir şeyin ışıktan hızlı

gidemeyeceğini belirten yasadır. Enerji ve kütlenin eşdeğerliği nedeniyle,

deviniminden ötürü enerji kazanan bir nesnenin kütlesi artar. Bir deyişle, hızını

artırmak zorlaşır. Bu etki ancak ışık hızına yakın hızlarda devinen nesnelerde

kendini gösterir. Örneğin ışık hızının onda birinde giden bir nesnenin kütlesi

durağan haldekinden ancak yüzde yarım fazladır, oysa ışık hızının onda dokuzu

ile giderkenki kütlesi durağan haldekinin iki katından bile fazladır. Bir nesnenin

hızı ışık hızına yaklaştıkça kütlesi de o denli artar ki, hızını bir dirhem daha

artırabilmek için büyük enerji gerekir. Işık hızına ise hiçbir zaman erişemez,

çünkü ışık hızında kütlesinin sonsuz olması gerekir ve kütle-enerji eşdeğerliğine

göre buna erişmesi için de sonsuz enerji almış olmalıdır. Bu nedenle sıradan bir

nesne, görelik kuramına göre, ışıktan daha yavaş gitmeye mahkum edilmiştir

sonsuza dek. Ancak ışık, ya da gerçek kütlesi olmayan benzeri dalgalar, ışık

hızında gidebilir.

Göreliğin yine olağanüstü bir başka sonucu, uzay ve zaman kavramlarımızı

kökten değiştirmesidir. Newton kuramında, bir ışık darbesi bir yerden ötekine

gönderildiğinde, değişik gözlemciler (zaman mutlak olduğundan) bu yolculuğun

süresinde birleşirler, ama (uzay mutlak olmadığından) ışığın ne kadar yol

aldığında ayrılabilirler. Işığın hızı, aldığı yolun süreye bölümüne eşit olduğu

değişik gözlemciler ışık hızı için değişik sayılar bulacaklardır. Öte yandan,

görelik kuramında, tüm gözlemciler ışık hızını aynı ölçmek zorundadırlar. Ama

önceki gibi ışığın gittiği uzaklık üzerinde anlaşamadıkları için, şimdi ne kadar

süre aldığında da ayrılacaklardır. (Öyle ya, yolculuğun süresi, ışığın hızı -ki

gözlemciler aynı olduğunda birleşiyorlar- çarpı gittiği uzaklığa -ki farklı

ölçüyorlar- eşittir.) Bir başka deyişle, görelik kuramı mutlak zamanın kavramının

çanına ot tıkamış oluyor! Öyle görünüyor ki, her gözlemcinin, yanında taşıdığı

saatle ölçtüğü bir zaman ölçüsü var, ve farklı gözlemcilerin taşıdığı tıpatıp aynı

saatler uyuşmayabilir.

Her gözlemci bir olayın oluş zamanını ve yerini bir radarla ışık ya da radyo

dalgaları darbesi göndererek ölçebilir. Darbenin bir miktarı olaya çarparak geriye

yansır ve gözlemci bu yankıyı aldığı zamanı kaydeder. Olayın oluş anı, darbenin

gönderilmesiyle yankının alınmasının tam ortasında bir andır; olayın uzaklığı ise

darbenin gidiş-dönüş süresinde yarısı çarpı ışık hızıdır diyebiliriz. (Bu anlamda

bir olay, uzayda tek bir noktada ve zaman içinde bir anda gerçekleşen bir şeydir.)

Bu düşünce, Şekil 2.1 'deki uzay-zaman çizgisinde gösteriliyor. Yukarıdaki işlem

sonucu birbirine göre hareket eden gözlemciler, aynı olay için farklı zaman ve

konumlar saptayacaklardır.

**Şekil 2.1**

Herhangi bir gözlemcinin ölçümü öbürlerininkinden daha doğru değildir,

ancak tüm ölçümler birbirine bağlıdır. Bir gözlemci, diğerinin bağıl hızını

bildikten sonra, onun bir olayı zaman ve konum açısından nasıl saptadığını

kesinlikle hesaplayabilir.

Bugün bu yöntemle uzaklıkları eskisinden daha büyük bir duyarlıkla

ölçebiliyoruz, çünkü zamanı daha doğru ölçebilmek olanaklı. Gerçekten de

şimdi bir metre, ışığın, sezyumlu bir saat ile ölçülmek üzere

0,000000003335640952 saniyede aldığı yol olarak tanımlanıyor. (Bu tuhaf

sayının nedeni, metrenin tarihsel tanımına -yani Paris'te saklanan belli bir platin

çubuğun üzerindeki iki çentiğin arasındaki uzaklığa denk düşmesi.) İstersek daha

uygun bir uzaklık birimi, ışık saniyesini kullanabiliriz. Bu birim, ışığın bir

saniyede kat ettiği yol olarak kolayca tanımlanır. Görelik kuramından sonra

uzaklığı zaman ve ışık hızı ile tanımladığımızdan, ışık hızını her gözlemcinin

aynı ölçeği (tanıma göre 0,000000003335640952 saniyede bir metre)

kendiliğinden izler. Michelson-Morley deneyinin de gösterdiği gibi, varlığı

sezilemeyen bir eser kavramına gerek kalmaz. Ancak görelik kuramı, uzay ve

zaman kavramlarımızı temelden değiştirmeye zorluyor bizi. Zamanının uzaydan

tümüyle ayrı ve bağımsız olmadığını, fakat onunla birlikte uzay-zaman denilen

bir nesneyi oluşturduğunu kabul etmemiz gerekiyor.

Bir noktanın uzaydaki konumunun koordinat denilen üç sayı ile

tanımlanabileceği eskiden beri bilinir. Örneğin bir oda içindeki bir nokta için, bir

duvardan iki metre uzakta, öbür duvardan bir metre uzakta, döşemeden yarım

metre yukarıda diyebiliriz. Ya da, bir noktanın enlemi ve boylamını ve deniz

düzeyinden yüksekliğini belirtebiliriz. İsteğimize uygun herhangi üç koordinatı

kullanmakta özgürüz, ama bunların geçerliliği sınırlı olabilir. Ayın konumunu,

onun Piccadilly Alanından kuzey ve batı yönlerinde çizilen doğrulara kilometre

olarak uzaklığı ve denizden metre olarak yüksekliği cinsinden belirtmenin

anlamı yoktur. Bunun yerine güneşe olan uzaklığı, gezegenlerin yörünge

düzlemine uzaklığı ve ay ve güneşi bağlayan çizgiyle güneş ve yakındaki bir

yıldızı, örneğin Alpha Centauri'yi bağlayan çizginin arasındaki açıya olan

uzaklığı cinsinden belirtebiliriz. Bu koordinatlar bile güneşin yıldız

kümemizdeki konumunu ya da yakındaki kümeler içinde bizim kümemizin

konumunu belirtmeye pek yaramazlar. Aslında, tüm evren yama gibi üst üste

binen parçalar topluluğu olarak tanımlanabilir. Her parçada da, bir noktanın

konumunu saptamak için bir üçlü koordinat takımı kullanılabilir.

Bir olay, uzayda belli bir zaman ve belli bir noktada olan bir şeydir dersek,

onu dört sayı, yani dört koordinat ile belirtebiliriz. Koordinatların seçiminde yine

özgürüz; bellediğimiz herhangi üç adet uzay koordinatı ile herhangi bir zaman

ölçüsünü kullanabiliriz. Görelikte, uzay ve zaman koordinatları arasında gerçek

bir ayrım yoktur, herhangi iki uzay koordinatı arasında gerçek bir ayrım

olmadığı gibi. Ayrıca, öyle bir yeni koordinat takımı seçebiliriz ki, bu takımın

birinci uzay koordinatı, öncekinin birinci ve ikinci uzay koordinatlarının bir

bileşimi olabilir. Örneğin, yeryüzündeki bir noktanın konumunu, Piccadilly'den

kuzey ve batı yönlerinde çizilen doğrulara kilometre olarak uzaklığı ile saptamak

yerine, kuzeydoğu ve kuzeybatı yönlerindeki doğrulara uzaklığı ile

saptayabiliriz. Benzer biçimde, görelikte de, önceki zaman koordinatı (saniye

cinsinden) ve Piccadilly'den kuzey yönündeki doğruya olan uzaklık (ışıksaniyesi

cinsinden) koordinatının toplamı olan yeni bir zaman koordinatı kullanılabilir.

Bir olayın dört koordinatını, uzay-zaman denilen dört boyutlu bir uzayda o

olayın konumunu belirtiyor olarak ele almak yararlıdır. Ancak dört boyutlu bir

uzayı kafada canlandırmak olanaksızdır. Şahsen ben üç boyutlu bir uzayı bile

göz önüne getirmekte fevkalade zorluk çekiyorum! Ama yeryüzü gibi iki

boyutlu uzayları (yüzeyleri) kağıt üzerinde çizmek kolaydır. (Dünyanın yüzeyi

iki boyutludur, çünkü üzerindeki herhangi bir noktayı iki koordinatını, enlemini

ve boylamını vererek belirleyebiliriz.) Ben de genellikle zamanın yukarı doğru

ilerlediği ve uzaysal boyutlardan birinin yatay olarak gösterildiği şekiller

kullanacağım. Öbür iki uzay koordinatı ya konu dışı olacak ya da onlardan birini

perspektif olarak vereceğim. (Şekil 2.1 gibi şekillere, uzay-zaman çizgesi denir.)

Örneğin Şekil 2.2'de zaman yukarı doğru yıllarla, uzaklık ise yatay olarak,

güneşten Alpha Centauri'ye çizilen doğru üzerinde kilometrelerle ölçülmekte.

Güneş ve Alpha Centauri'nin uzay-zaman içindeki yolları, çizgenin solunda ve

sağındaki düşey çizgilerle gösterilmekte. Güneşten çıkan bir ışık ışını köşegen

bir yol izleyerek dört yılda Alpha Centauri'ye varır.

**Şekil 2.2**

Daha önce gördüğümüz gibi, Maxwell'in denklemleri kaynağın hızı ne olursa

olsun ışığın hızının aynı olacağını öngörmüştü ve bu, duyarlı ölçümlerle

doğrulanmıştı. Buradan şu çıkarsama yapılabilir: uzay da bir noktadan belli bir

anda bir ışık darbesi yayınlandığında, zaman geçtikçe bu darbe, büyüklüğü ve

konumu kaynağın hızından bağımsız bir ışık küresi biçiminde yayılır. Milyonda

bir saniye sonra ışık, 300 metre yarıçaplı bir küre oluşturacak biçimde yayılmış

olur; milyonda iki saniye sonra yarıçap 600 metreye çıkar ve böylece sürer gider.

İçine bir taş atılmış durgun suyun yüzündeki genişleyen halkalar gibi, küreler de

zamanla büyürler. Durgun suyun iki boyutlu yüzeyi ve bir zaman boyutunun

oluşturduğu üç boyutlu model göz önüne getirilirse, genişleyerek ilerleyen

halkalar, zirvesi taşın suya düştüğü nokta olan bir koninin yüzeyini çizerler

(Şekil 2.3).

**Şekil 2.3**

Benzer biçimde, bir olaydan yayılan ışık, dört boyutlu uzay-zamanda üç

boyutlu bir koni oluşturur. Bu koniye, o olayın gelecekteki ışık konisi denir. Aynı

şekilde geçmişteki ışık konisi denilen öteki koniyi de çizebiliriz. (Şekil 2.4). Bu

koni ise o olaya ışığı erişebilen geçmişteki olayları tanımlar.

**Şekil 2.4**

**Şekil 2.5**

P olayının geçmişteki ve gelecekteki ışık konileri uzay-zamanı üç bölgeye

ayırır (Şekil 2.5). Olayın mutlak geleceği, P'nin gelecekteki ışık konisi içindeki

bölgedir. Mutlak gelecek, P'deki olaydan etkilenmesi olanaklı tüm olayları içerir.

P'nin ışık konisinin dışındaki olaylara, P'den gönderilen işaretler erişemez, çünkü

hiçbir şey ışıktan hızlı gidemez. O halde P'de olup biten, dışarıdaki olayların

umurunda bile değildir. P'nin mutlak geçmişi ise geçmişteki ışık konisi içinde

kalan bölgedir. Bu da, ışık hızıyla ya da daha yavaş giden işaretleri P'ye

ulaşabilen tüm olayları içerir. O halde P'deki olayı etkileyebilecek tüm olaylardır.

P'nin mutlak geçmişi. Belli bir anda, P'nin geçmişteki ışık konisi uzay bölgesinin

her yerinde olup bitenler bilinirse P'de olacak olay önceden bilinebilir. P'nin

geçmişteki ve gelecekteki ışık konisi içinde bulunmayan uzay-zaman bölgesine

"öteyer" denir. Öteyer'deki olaylar P'deki olaydan ne etkilenirler, ne de onu

etkilerler. Örneğin tam şu anda güneş sönüverse, şu anda dünyada olup bitenler

bundan hiç etkilenmezlerdi, çünkü güneşin sönmesi olayının öteyerinde

bulunacaklardı (Şekil 2.6). Bu olaydan, ancak güneşten bize ışığın erişmesi için

gereken sekiz dakikanın sonunda haberimiz olacaktı. Çünkü o zaman dünyadaki

olaylar, güneşin sönmesi olayının gelecekteki ışık konisi içine gireceklerdi.

Benzeri biçimde, şu anda evrendeki uzak yerlerde ne olduğunu bilemiyoruz:

görebildiğimiz uzak yıldız kümelerinden bize gelen ışık onları terk edeli

milyonlarca yıl oldu. Görebildiğimiz en uzak nesneden gelen ışık yola çıkalı

neredeyse sekiz milyar yıl geçti. Yani evrene baktığımızda onun geçmişteki

durumunu görmekteyiz.

**Şekil 2.6**

1905'te Einstein ve Poincare'nin yapmış oldukları gibi, kütlelerin birbirini

çekmesi olayı konu dışı bırakıldığında, "özel görelik kuramı"na varırız. Uzayzamandaki

her olay için bir ışık konisi (olaydan çıkan ışığın-zaman içinde

olanaklı tüm yollarının toplamı) çizebiliriz. Işığın hızı her olayda ve her yönde

aynı olduğu için, ışık konilerinin hepsi aynı biçimde ve aynı yönde olacaktır. Bu

kuram Ayrıca hiçbir şeyin hızlı gidemeyeceğini söylüyor. Bu demektir ki,

herhangi bir nesnenin uzay ve zaman içinde aldığı yol, üzerinde olan her olayın

ışık konisi içinde bir doğru ile gösterilmelidir (Şekil 2.7)

**Şekil 2.7**

Özel görelik kuramı, ışık hızının her gözlemciye göre aynı gözükmesini

(Michelson-Morley deneyi ile kanıtlandığı gibi) ve ışık hızına yakın bir hızla

seyreden şeylere ne olduğunu açıklamada çok başarılıydı. Ama nesnelerin

birbirlerini aralarındaki uzaklığa bağlı olarak çektiklerini söyleyen Newtoncı

çekim kuramı ile bağdaşmıyordu. Buna göre, nesnelerden biri harekete

geçirildiğinde, öteki üzerindeki kuvvet anında değişirdi. Ya da bir başka deyişle,

çekimin etkisi, özel görelik kuramının gerektirdiği gibi ışık hızıyla ya da daha

yavaş değil de sonsuz hızda yol almalıydı. Einstein 1908 ve 1914 yılları arasında

özel görelikle tutarlı bir çekim kuramı bulmak için birkaç başarısız girişimde

bulundu. Sonunda 1915'te bugün genel görelik kuramı dediğimiz düşünceyi

ortaya attı.

Einstein şu devrimci öneride bulundu: kütlesel çekim, öbür kuvvetler gibi bir

kuvvet değildi ve aslında uzay-zamanın o güne dek sanıldığı gibi düz olmayıp da

içindeki kütle ve enerjinin dağılımından dolayı eğri, ya da "çarpık" olmasının

sonucuydu. Dünya gibi cisimler kütlesel çekim denilen kuvvetin etkisi altında

eğri yörüngeler çizmek durumunda kalmak yerine, aslında eğri uzayda doğruya

en yakın, jeodezik denilen bir yol izlerler. Jeodezik iki komşu nokta arasındaki

en kısa (ya da en uzun) yoldur. Örneğin, yeryüzü iki boyutlu bir eğri uzaydır.

Dünya yüzünde jeodeziğe büyük daire denir ve iki nokta arasındaki en kısa

yoldur. (Şekil 2.8). Jeodezik iki havalimanı arasında en kısa rota olduğundan,

havayolu uçuş görevlisi pilotun bu rotada uçmasını sağlar. Genel göreliğe göre

cisimler dört boyutlu uzay-zamanda her zaman doğru çizgiler üzerinde

gitmelerine karşın, üç boyutlu uzayımızda bize eğriler çiziyorlarmış gibi

görünür. (Bu, tepeli bir arazi üzerinde uçan uçağı izlemek gibidir. Uçak üç

boyutlu uzayda düz bir çizgi izlediği halde, iki boyutlu yeryüzüne düşen gölgesi

eğri büğrü bir yol izler.)

**Şekil 2.8**

Güneşin kütlesi uzay-zamanı öyle bir biçimde büker ki, dünya dört boyutlu

uzay-zamanda düz bir yörünge izlemesine karşın, bize üç boyutlu uzayda

dairesel bir yörünge üzerinde gidiyormuş gibi gözükür. Gerçekten de,

gezegenlerin genel göreliğe dayanarak hesaplanan yörüngeleri Newtoncı çekim

kuramına göre hesaplanılanın hemen hemen aynısıdır. Ancak güneşe en yakın

gezegen Merkür, güneşin çekiminden en çok etkilendiği ve oldukça çekik bir

yörüngeye sahip olduğu için, genel görelik hesaplarına göre elips yörüngesinin

uzun ekseni, güneş merkezine göre yaklaşık on bin yılda bir derece dönüyor

olmalıdır. Bu küçücük etki 1915'ten önce de gözlenmiş olup, Einstein'ın

kuramını gözlemle doğrulayan ilk sonuçlardan biridir. Son yıllarda radar ile öbür

gezegenlerin yörüngelerinde de, Newtoncı hesaplamalardan küçük küçük

sapmalar ölçülmüş ve bunlar genel göreliğin hesaplarına uygun bulunmuştur.

Işık ışınları da uzay-zamanda jeodezikleri izlemek zorundadır. Yine, uzay

eğridir demek, ışık uzayda bir doğru izler gibi görünmeyecek demektir. O halde

genel görelik, ışığın çekim alanlarınca büküleceğini öngörür. Örneğin, bu kuram

uyarınca, güneşin yakınındaki noktaların ışık konileri, güneşin kütlesinin

etkisiyle güneşe doğru hafifçe bükülmelidir. Bu demektir ki uzak bir yıldızdan

gelen ışık güneşin yakınından geçerken küçük bir açıyla sapacak ve dünyadaki

bir gözlemciye göre yıldızın başka bir konumda görünmesine neden olacaktır

(Şekil 2.9). Doğal olarak, yıldızın ışığı her zaman güneşin yakınından geçiyorsa

ışık sapıyor mu yoksa yıldız gerçekten gördüğümüz yerde mi, anlamamız

olanaksızdır. Ama dünya güneş etrafında dönerken, değişik yıldızlar güneşin

arkasından dolanıyor gibi gözükürler ve ışıkları sapmaya uğrar. O halde

gökyüzündeki konumları öbür yıldızlara göre değişiyormuş gibi görünür.

**Şekil 2.9**

Bu etkiyi gözlemek olağanüstü zordur, çünkü güneşin parlaklığı, gökyüzünde

güneşe yakın yıldızları gözlemeyi olanaksızlaştırır. Ancak, güneş tutulması

sırasında güneşin ışığını ay engellediğinde gözlem olanaklıdır. Einstein'ın ışığın

sapması öngörüsü hemen 1915'te sınanmadı, çünkü Birinci Dünya Savaşı

sürmekteydi. Ancak 1919'da bir İngiliz araştırma grubu Batı Afrika'da güneş

tutulmasını gözleyerek ışığın, kuramın öngördüğü gibi, gerçekten güneş

tarafından saptırıldığını gösterebildi. Bir Alman kuramının Britanyalı bilginlerce

kanıtlanması, savaş sonrası iki ülke için büyük bir uzlaşma çabası olarak övüldü.

Ne tuhaftır ki, keşif sırasında çekilen fotoğrafların sonradan incelenmesi sonucu,

yapılan hataların, ölçmek istenilen etki kadar büyük olduğu anlaşıldı. Ölçümler

ya büyük bir şans eseri denk gelmişti, ya da bilimde zaman zaman rastlanan bir

"varılacak sonucun önceden bilinmesi" olayı idi. Neyse ki ışığın sapması olayı,

daha sonra çok sayıda gözlemlerle kusursuz bir biçimde doğrulandı.

Genel göreliğin bir başka öngörüsü de, dünya gibi büyük bir kütle yakınında

zamanın daha yavaş geçer gibi gözükeceğiydi. Bunun nedeni ışığın enerjisi ve

frekansı (yani saniyedeki ışık dalgalarının sayısı) arasındaki bağıntıdır: enerji

arttıkça, frekans da yükselir. Işık dünyanın çekim alanından uzaklaştıkça, enerji

yitirir ve frekansı azalır. (Bu demektir ki, bir dalga tepesinden ötekine olan

uzaklık artar.) Yukardan bakan birine göre, aşağıdaki olaylar daha yavaş

gelişmektedir. B u öngörü 1962' de bir su kulesinin tepesine ve dibine

yerleştirilen çok duyarlı saatler aracılığıyla sınandı. Yeryüzüne daha yakın olan

kulenin dibindeki saatin, genel göreliğe tam bir uygunlulukla geri kaldığı

görüldü. Yeryüzünden değişik uzaklıklarda bulunan saatlerin hızlarındaki ayrılık,

uydulardan gelen işaretlere dayalı çok duyarlı seyir sistemlerinin ortaya

çıkmasıyla, bugün büyük bir pratik önem taşımaktadır. Genel göreliğin

öngörüleri dikkate alınmadan hesaplanan rotada kilometrelerce hata yapılmış

olabilir.

Newton'ın devinim yasaları uzayda mutlak konum düşüncesine son verdi.

Görelik kuramı ise mutlak zamanı çöpe attı. Bir çift ikiz düşünelim. Diyelim ki

ikizlerden biri dağın tepesinde yaşasın, ötekisi deniz düzeyinde. İlk ikiz

ikincisinden daha çabuk yaşlanacaktır, yani yeniden karşılaştıklarında,

öbüründen daha yaşlı olacaktır. Bu örnekte yaş farkı çok az olur, ama ikizlerden

biri ışık hızına yakın hızdaki bir uzay gemisiyle uzun bir yolculuğa çıksa bu fark

çok daha büyük olabilir. Döndüğünde, Dünya'da kalan ikizinden çok daha genç

olduğu görülür. Bu, ikizler paradoksu olarak bilinir, ama insan, kafasından

mutlak zaman düşüncesini atarsa bu paradoks ortadan kalkar. Görelik kuramında

biricik bir mutlak zaman yoktur, bunun yerine herkesin, nerede olduğuna ve

nasıl devindiğine bağlı olarak işleyen kendi özel zaman ölçüsü vardır.

1915'ten önce uzay ve zaman, olayların olup bittiği, ama içinde olanlardan

etkilenmeyen değişmez bir arenaydı. Bu, özel görelik kuramı için de doğruydu.

Cisimler deviniyor, kuvvetler itiyor ve çekiyor fakat zaman ve uzay bunlardan

hiç etkilenmeden sürüp gidiyordu. Zamanın ve uzayın sonsuz geçmişten sonsuz

geleceğe sürüp gittiğini düşünmek doğaldı.

Oysa genel görelik kuramında durum oldukça değişiktir. Uzay ve zaman

artık değişime açık niceliklerdir: bir cisim devinince ya da bir kuvvet etkisini

gösterince uzayın ve zamanın eğriliği değişir. Öte yandan, uzay-zamanın yapısı

cisimlerin devinimini ve kuvvetlerin işleyişini etkiler. Uzay ve zaman bu

etkileme ile kalmayıp evrende olup biten her şeyden de etkilenir. Uzay ve zaman

kavramları olmadan nasıl evrendeki olaylardan söz edemiyorsak, genel görelikte

de, evrenin sınırları dışında bir uzay ve zamandan söz etmek anlamsızdır.

Daha sonraki on yıllarda, bu yeni uzay ve zaman anlayışı evrene ilişkin

görüşümüze kökten değişiklikler getirdi. Temelinde değişmeyen, varolan ve

varolmayı sürdürecek olan bir evren görüşü, artık geriye dönmemek üzere yerini

dinamik, geçmişte sonlu bir zaman öncesi başlamış ve gelecekte sonlu bir zaman

sonra bitebilecek, genişleyen bir evren kavramına bıraktı. Bu devrim gelecek

bölümün konusunu oluşturuyor. Yıllar sonra, bu, benim kuramsal fizikteki

çalışmamın da başlangıç noktası oldu. Roger Penrose (Peroz) ve ben gösterdik

ki, Einstein'ın genel görelik kuramı, evrenin bir başlangıcının olmasını gerektirir

ve de olası bir sonunun.

**3 Genişleyen Evren**

Bulutların ve ayın olmadığı bir gecede gökyüzüne baktığınız zaman

göreceğiniz en parlak cisimler büyük bir olasılıkla Venüs, Mars, Jüpiter ve

Satürn gezegenleri olacaktır. Bir de, güneşe benzeyen ama çok daha uzakta

sayısız yıldızlar göreceksiniz. Bu durağan yıldızların bazıları gerçekte, dünya

güneş etrafında döndükçe konumlarını birbirlerine göre azıcık değiştiriyormuş

gibi görünür, yani aslında hiç de durağan değildir! Bunun nedeni bize göreceli

olarak yakın olmalarıdır. Dünya güneş etrafında döndükçe onları daha uzak

yıldızların önünde değişik konumlarda görürüz. Ne mutlu bir rastlantıdır ki,

böylelikle bu yıldızların bize olan uzaklıklarını doğrudan ölçebiliyoruz: Bize

yakınlıkları oranında daha çok deviniyormuş gibi görünürler. En yakın yıldız,

Proxima Centauri, dünyadan dört ışıkyılı (ışığın ondan dünyaya ulaşması

yaklaşık dört yıl sürüyor) ya da yaklaşık otuz yedi milyon kere milyon kilometre

uzaklıktadır. Çıplak gözle görünen diğer yıldızların çoğunun bizden uzaklığı

birkaç yüz ışık yılıdır. Karşılaştıracak olursak bizim güneşimiz topu topu sekiz

ışık dakikası uzaklıktadır! Görülebilen yıldızlar bütün gökyüzüne dağılmış

gibidir ama özellikle Samanyolu dediğimiz bir kuşakta yoğunlaşmışlardır. 1750

kadar eski tarihlerde bile bazı gökbilimciler Samanyolu görüntüsünün,

görülebilen yıldızların çoğunun şimdi sarmal yıldız kümesi dediğimiz tek bir

disk benzeri kümelenme içinde olmasıyla açıklanabileceğini önermekteydiler.

Bundan yalnızca birkaç on yıl süren Sir William Herschel (Hörsıl) adında bir

gökbilimci, sayısız yıldızın konumlarını ve bize olan uzaklıklarını bıkıp

usanmadan kataloglayarak bu düşüncesine destek sağladı. Yine de bunun kesin

olarak kabullenilmesi ancak içinde bulunduğumuz yüzyılın başlarına rastlar.

Evrene bugünkü bakış açımız ise ancak Amerikalı gökbilimci Edwin

Hubble'ın (Habıl) yıldız kümemizin evrendeki tek galaksi olmadığını gösterdiği

1924 yılında biçimlenmeye başladı. Gerçekten de aralarına uçsuz bucaksız

boşluklar bulunan çok sayıda başka yıldız kümeleri vardır. Hubble'ın bunu

kanıtlaması için, bizden çok uzak olan ve bu yüzden yakın yıldızlardan farklı

biçimde durağanmış gibi görünen bu kümelerin uzaklıklarını ölçmesi

gerekiyordu. Yıldız kümelerinin durağanmış gibi görünmesi Hubble'ı ölçüm için

dolaylı yöntemler kullanmaya zorladı. Şöyle ki, bir yıldızın görünen parlaklığı

iki ögeye dayanır: ne kadar ışık yayınladığı (ışıltısı) ve bizden ne kadar uzak

olduğu. Yakın yıldızların görünen parlaklığını ve uzaklığını ölçerek ışıltısını

hesaplayabiliriz. Tersinden giderek, diğer kümelerdeki yıldızların ışıltısını

biliyorsak, görünen parlaklığını ölçerek uzaklığını çıkartabiliriz. Hubble, bize

ölçüm yapabileceğimiz kadar yakın belli bir tür yıldızların her zaman aynı

ışıltıda olduklarını kaydetti; şu halde başka bir yıldız kümesinde bu tür yıldızlar

bulabilirsek, aynı ışıltıda olduklarını varsayarak o yıldız kümesinin uzaklığı

hesaplayabilirdik. Eğer bu işlemi aynı kümeden çok sayıda yıldız üzerinde

uygulanıp aynı uzaklığı elde ediyorsak sonuçtan yeterince emin olabiliriz.

Edwin Hubble bu yolla dokuz değişik yıldız kümesinin uzaklığını hesapladı.

Bugün biliyoruz ki bizim kümemiz, modern teleskoplarla görülebilen, her biri

yüz bin milyon yıldız içeren yüz bin milyon yıldız kümesinden yalnızca bir

tanesidir. Şekil 3.1, başka bir yıldız kümesinden bizim kümemize bakan birinin

göreceğini düşündüğümüz biçimde bir sarmal yıldız kümesini göstermektedir.

Bir uçtan bir uca yaklaşık yüz bin ışık yılı uzunluğunda ve yavaş yavaş dönen bir

yıldız kümesinin içinde yaşamaktayız; sarmal kollarındaki yıldızlar, kümenin

özeği etrafında birkaç yüz milyon yılda ancak bir kez dönerler. Bizim güneşimiz

sarmal kollardan bir tanesinin iç kenarına yakın, sıradan, orta büyüklükte, sarı

renkte bir yıldızdır. Hiç şüphesiz, dünyanın evrenin özeği kabul edildiği Aristo

ve Batlamyus zamanından bu yana epey yol kat ettik!

**Şekil 3.1**

Yıldızlar o kadar çok uzaktadır ki, bize ancak toplu iğne başı kadar

görünürler. Onların büyüklüklerini ve biçimlerini göremeyiz. Öyleyse

birbirinden farklı türde yıldızları nasıl ayırt edebiliyoruz? Yıldızların büyük

çoğunluğu için, gözlemleyebildiğimiz tek bir ayırt edici özellik vardır:

yayınladıkları ışığın rengi. Newton, güneş ışığının üçgen prizma biçiminde bir

camdan geçirildiğinde, aynı gökkuşağında olduğu gibi, bileşimindeki renklere

(spektrumuna ya da renk yelpazesine) ayrıştığını bulmuştu. Bir teleskopu, bir

yıldız ya da yıldız kümesi üzerine odaklayarak, onlardan gelen ışığın renk

yelpazesini benzer biçimde gözlemleyebiliriz. Değişik yıldızların değişik renk

yelpazeleri vardır, ama yelpazedeki renklerin göreceli parlaklıkları, kızılkor bir

cisimden yayınlanan ışıkta bulunması beklenenin aynısıdır. (Gerçekten de, ışık

geçirmeyen bir cismin kızılkor durumda iken yayınladığı ışığın renk yelpazesiışık

spektrumu-yalnızca cismin sıcaklık derecesine bağlıdır. Yani, bir yıldızın

sıcaklığını, ışığının renk yelpazesine bakarak belirleyebiliriz.) Dahası, yıldızların

renk yelpazelerinde belli bazı renklerin eksik olduğunu ve bu eksik renklerin

yıldızdan yıldıza değiştiğini bulmaktayız. Her kimyasal elementin kendine özgü

belli bir renk takımını soğurduğunu bildiğimiz için, bu renkleri belirli bir yıldızın

yelpazesinde eksik olan renklerle karşılaştırarak o yıldızın atmosferinin hangi

elementlerden oluştuğunu kesinlikle saptayabiliriz.

1920'lerde gökbilimciler öbür kümelerdeki yıldızların renk yelpazelerine

bakmaya başladıklarında çok tuhaf bir şeyle karşılaştılar: kendi kümemizin

yıldızlarında olduğu gibi onlarda da kendine özgü eksik renk takımları vardı,

ama bu renklerin hepsi göreceli olarak aynı oranda kırmızıya doğru kaymışlardı.

Bunun ne demek olduğunu anlayabilmek için önce Doppler etkisini bilmeliyiz.

Daha önce değindiğimiz gibi görünen ışık, elektromanyetik alandaki

dalgalanmalardan, yani dalgalardan oluşur. Işığın frekansı (yani saniyedeki dalga

sayısı), saniyede dört yüz milyon kere milyondan saniyede yedi yüz milyon kere

milyona değişen son derece büyük bir sayıdır. İnsan gözünün renk diye gördüğü,

kırmızı renk en düşük, mavi renk en yüksek olmak üzere ışığın değişik

frekanslarıdır. Örneğin bir yıldız gibi bizden sabit uzaklıkta bir ışık kaynağının

sabit frekansta ışık dalgaları yayınladığını düşünelim. Açıktır ki, bize ulaşan

ışığın frekansı yayınlanan ışığın frekansının aynısı olacaktır. (Yıldız kümesini

çekim kuvveti belirgin bir fark yaratacak kadar etkili değildir.) Şimdi de ışık

kaynağının bize doğru hareket ettiğini düşünelim. Kaynak yeni bir dalga

yayınladığında dalga tepesi bize bir öncekinden daha yakın olacaktır, böylece bu

yeni dalga tepesinin bize ulaşması yıldızın durağan olduğu durumdan daha kısa

sürecektir. Bu ise bize ulaşan iki dalga tepesi arasında geçen sürenin, yıldızın

durağan olduğu durumdakinden daha az olduğu, yani saniyede bize ulaşan dalga

sayısının (frekansın) daha yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Benzer biçimde,

yıldız bizden uzaklaşıyorsa, gözlemlediğimiz dalgaların frekansı daha düşük

olacaktır. Bu olayı ışık bağlamında göz önüne aldığımızda, bizden uzaklaşan

yıldızların ışığının yelpazesi kırmızıya, bize yaklaşan yıldızların renk yelpazesi

ise maviye kayacaktır. Doppler etkisi denen, frekans ile hız arasındaki bu ilişki

ile her gün karşılaşmaktayız. Yoldan geçen bir arabayı dinleyin; araba

yaklaşırken motorunun sesi daha tiz (yüksek bir frekansa karşılık) gelir, bizi

geçip uzaklaştıkça da sesin tınısı düşer, yani motorun sesi kalınlaşır. Işık ve

radyo dalgalarının davranışı birbirine benzer. Gerçekten de polis, taşıtların hızını

onlardan yansıyan radyo dalgalarının frekansını ölçerek saptarken Doppler

etkisinden yararlanmaktadır.

Hubble, bizimkinden başka yıldız kümelerinin varlığını kanıtladıktan sonra

zamanını onların uzaklıklarını ve renk yelpazelerini kataloglamakla geçirdi. O

zamanlar çoğu kişi, yıldız kümelerinin oldukça gelişigüzel bir biçimde

gezindiklerini, bundan dolayı kırmızıya kaymış yelpazeler kadar maviye kaymış

yelpazeler de bulunacağını beklemekteydi. Ama yıldız kümelerinin çoğunun

kırmızıya kaymış olduğunun bulunması oldukça şaşırtıcı oldu: hemen hepsi

bizden uzaklaşmaktaydı! Hubble'ın 1929'da yayınladığı bir bulgusu ise bundan

daha da şaşırtıcıydı: bir yıldız kümesinin kırmızıya kayma miktarı bile

gelişigüzel değildi, bizden olan uzaklığı ile doğru orantılıydı. Ya da başka bir

deyişle yıldız kümesi ne kadar uzakta ise uzaklaşma hızı da o oranda fazlaydı!

Bu da, evrenin, herkesin daha önce düşündüğü gibi statik olamayacağı, yıldız

kümeleri arasındaki uzaklığın sürekli artmasıyla aslında genişlemekte olduğu

anlamına gelmektedir.

Evrenin genişlemekte olduğunun ortaya çıkarılışı yirminci yüzyılın en büyük

düşünsel devrimlerinden biridir. Bugünden geçmişe bakıldığında kimsenin bunu

neden daha önce akıl etmediğine şaşmamak elde değil. Newton ve diğerleri

statik bir evrenin kütlesel çekim etkisiyle zamanla büzülmeye başlayacağını

kestirmeliydiler. Şimdi, evrenin durağan olmayıp genişlemekte olduğunu

varsayalım. Genişleme oldukça yavaş ise, çekim kuvveti sonunda genişlemenin

durmasına ve evrenin büzülmeye başlamasına neden olurdu. Ama evrenin

genişlemesi belli bir hızın üstünde ise, çekim hiçbir zaman onu durdurmaya

yetecek kadar kuvvetli olamaz ve evren sonsuza değin genişlerdi. Bu biraz

yeryüzünden uzaya bir roket fırlatılmasına benzer. Eğer roketin hızı düşükse

yerçekimi sonunda onu durdurup dünyaya geri düşmesine neden olur. Öte

yandan eğer roketin hızı belli bir niceliğin (yaklaşık saniyede on bir kilometre)

üstündeyse yerçekimi onu geri çekecek kadar kuvvetli olamayacak ve roket

dünyadan sonsuza dek uzaklaşacaktır. Evrenin bu davranış biçimi, Newton'ın

çekim kuramından on dokuzuncu, on sekizinci, hatta on yedinci yüzyılda

çıkartılabilmeliydi. Ama statik evren inancı o denli güçlüydü ki, yirminci yüzyıla

dek yıkılmadan dayanabildi. Einstein bile, 1915'te genel görelik kuramı üzerinde

çalışırken, evrenin statik olduğundan o kadar emindi ki, bu sonucu olası kılmak

üzere denklemlerine "evrenbilimsel sabit" denen bir sayı katarak kuramında

değişiklikler yaptı. Einstein karşı çekim kuvveti diye diğer kuvvetlere

benzemeyen, belli bir kaynaktan çıkmayan, ama uzay-zaman dokusu içerisine

yapay olarak yerleştirilmiş bir kuvvet ortaya attı. Uzay-zamanının, yapısından

gelme bir genişleme eğilimi olduğunu, bunun da evrendeki maddenin birbirini

çekmesini tam olarak karşılayarak evrenin statik olmasına yol açtığını

savunuyordu. Görülüyor ki, Einstein ve diğer fizikçiler genel görelik kuramının

evrenin statik olmadığı sonucunu çıkarmasını görmezlikten gelirken, yalnızca bir

kişi, Rus fizikçi ve matematikçi Alexander Friedmann (Fridman) genel görelik

kuramını tam olarak değerlendirmiş ve evrenin genişlemekte olduğu sonucunu

çıkarmıştı.

Friedmann, evrene ilişkin çok basit iki varsayımdan yola çıktı: hangi yöne

bakarsak bakalım evrenin aynı görüneceği ve evreni başka herhangi bir noktada

gözlemlerken de bunun doğru olacağı. Yalnızca bu iki düşünceden kalkınarak,

Friedmann evrenin statik olmasını beklemememiz gerektiğini gösterdi.

Gerçekten de, 1922 yılında Friedmann, Edwin Hubble'ın birkaç yıl sonra

bulacağı şeyi önceden kesin olarak bilebilmişti!

Şurası açık ki, evrenin her yönden aynı göründüğü varsayımı gerçekte doğru

değildir. Örneğin, daha önce gördüğümüz gibi, kümemizdeki diğer yıldızlar

geceleyin gökyüzünde Samanyolu dediğimiz belirgin bir ışık kuşağı oluşturur.

Ama uzak yıldız kümelerine bakarsak, aşağı yukarı her yönde aynı sayıda

oldukları söylenebilir. Demek ki evren, yıldız kümeleri arasındaki uzaklıklara

oranla daha büyük bir ölçekle gözlendiğinde ve küçük ölçeklerde ortaya çıkan

farklar göz önüne alınmadığında kabaca her yönde aynıymış gibi ele alınabilir.

Uzun bir süre bu düşünüş, Friedmann'ın varsayımını -gerçek evrene kaba bir

yaklaşım olarak- doğrulamaya yetti. Ama yakın geçmişte, Friedmann'ın

varsayımının evrenin son derece doğru bir bitimi olduğu gerçeği şans eseri

ortaya çıktı.

1965 yılında, New Jersey'deki Bell Telefon Laboratuarında Amo Penzias

(Penziyıs) ve Robert Wilson (Vilsın) adında iki fizikçi son derece duyarlı bir

mikrodalga detektörünü deniyorlardı. (Mikrodalgalar aynı ışık gibidir ama

frekansı çok daha düşüktür -yalnızca saniyede on bin milyon dalga civarında).

Penzias ve Wilson detektörün, beklediklerinden fazla gürültü toplamasından

endişe duymaktaydılar. Gürültü belirli bir yönden geliyor gibi de değildi. İlk

önce detektör üzerinde kuş pislikleri buldular, başka olası bozukluklar olup

olmadığına baktılar, ama kısa bir sürede bunların olayın nedeni olamayacağını

anladılar. Gürültü atmosfer içinden geliyor olsaydı, detektör dimdik gökyüzüne

çevrildiğinde gürültünün en aza inmesi gerektiğini biliyorlardı, çünkü ışık

ışınları atmosfer içinde ufuk çizgisinden doğru gelirken, tam tepeden

geldiklerinden daha uzun yol katederler. Oysa bu fazladan gürültü, detektör

hangi yöne doğrultulursa doğrultulsun aynıydı; şu halde atmosferin dışından

gelmesi gerekiyordu. Ayrıca, gece, gündüz ve bütün yıl boyunca değişmiyor,

dünyanın kendi ekseni etrafında ve güneşin çevresinde dönmesinden hiç

etkilenmiyordu. Bu da göstermekteydi ki, mikrodalga ışıması Güneş Sisteminin

ve hatta yıldız kümemizin ötesinden gelmekteydi; yoksa, dünyanın devinimi

detektörü değişik yönlere doğrulttukça bu gürültüyü değiştirmesi gerekirdi.

Gerçekten de gözlemlenebilen, bütün evreni katederek bize ulaşmış olması

gerektiğini bildiğimiz ışıma her yönde aynı olduğu için, evren de her yönde, ama

büyük ölçekte, aynı olmalıydı. Şimdi biliyoruz ki, hangi yöne bakarsak bakalım

bu gürültü hiçbir zaman on binde birden fazla değişmez; bundan dolayı Penzias

ve Wilson farkında olmadan Friedmann'ın birinci varsayımının olağanüstü kesin

bir kanıtını bulmuşlardı.

Aşağı yukarı aynı zamanlarda, yakındaki Princeton Üniversitesi'nde Bob

Dicke (Dik) ve Jim Peebles (Pibıls) adlı iki Amerikalı fizikçi daha,

mikrodalgalara ilgi gösteriyorlardı. (Bir zamanlar Alexander Friedman'ın

öğrencisi olan) George Gmow'un (Gamov) ilk evrenin akkor parlaklığında, çok

sıcak ve yoğun olduğu yolundaki savı üzerinde çalışmaktaydılar. Dicke ve

Peebles'ın tezine göre ilk evrenin bu kızartısını hâlâ görebilmemiz gerekirdi,

çünkü bu ışık evrenin çok uzak köşelerinden bize ancak erişiyor olmalıydı.

Ancak bu ışık, evrenin genişlemesi nedeniyle kırmızıya o denli kaymış olmalıydı

ki, şimdi biz onu mikrodalga olarak algılamalıydık. Dicke ve Peebles tam bu

ışımayı aramaya hazırlanırken Penzias ve Wilson onların bu çabasını duyup,

aranan şeyi zaten bulmuş olduklarını fark ettiler. Bundan dolayı, Penzias ve

Wilson'a 1978 yılında Nobel Ödülü verildi. (Bırakın Ganow'u, Dicke ve Peebles

bile bunu biraz zor hazmetmiş olmalı.)

İlk bakışta, evrenin her yönden aynı göründüğüne ilişkin tanıtlar sanki bizim

evrende özel bir yerimiz varmış izlenimini vermektedir. Yani, tüm diğer yıldız

kümelerini bizden uzaklaşıyor olarak gözlüyorsak evrenin özeğinde olduğumuzu

düşünebiliriz. Ama, değişik bir açıklama da şu: evren başka bir yıldız

kümesinden bakıldığında da aynı gözükebilir. Bu daha önce gördüğümüz gibi

Friedmann'ın ikinci varsayımıdır. Bu varsayımın doğruluğunu ya da yanlışlığını

gösterecek hiçbir bilimsel tanıtımız yok. Buna alçak gönüllüğümüz nedeniyle

inanıyoruz: evrenin başka noktalardan değil de yalnızca bizim bulunduğumuz

yerden her yönden aynı görünmesi çok tuhaf olurdu! Friedmann'ın modelinde

bütün yıldız kümeleri birbirlerinden uzaklaşmaktadır. Bu durum, yüzeyi benekli

bir balonun şişirilmesine benzemektedir. Balon şiştikçe herhangi iki benek

arasındaki uzaklık artar ama hiçbir benek için genişlemenin özeğidir diyemeyiz.

Üstelik, benekler arası uzaklık arttıkça uzaklaşma hızı da artacaktır. Benzer

biçimde Friedmann'ın modelinde de iki yıldız kümesinin birbirinden uzaklaşma

hızı aralarındaki uzaklıkla doğru orantılıdır. Bu model bir yıldız kümesinin

kırmızıya kayma miktarının, aynı Hubble'ın gözlemlerinde bulduğu gibi, bizden

olan uzaklığına bağlı olduğunu öngörmekteydi. Friedmann'ın çalışması,

modelinin başarısına ve Hubble'ın gözlemleri ni önceden kestirmesine karşın,

Amerikalı fizikçi Howard Robertson (Rabırtsın) ve Britanyalı matematikçi

Arthur Walker'in (Vokır), Hubble'ın evrenin düzgün biçimde genişlemesi olayını

bulmasının ardından, benzer modeller geliştirdiği 1935 yılında dek Batı

dünyasında bilinmiyordu.

Friedmann'ın kendisi yalnızca bir tanesini bulmuş olmakla birlikte, onun iki

temel varsayımına uyan üç değişik türde model vardır. Birinci modelde

(Friedmann'ın bulduğu) evrenin genişlemesi yıldız kümeleri arasındaki çekim

kuvvetinin genişlemeyi yavaşlatıp, sonunda durdurmaya yeteceği kadar yavaştır.

Yıldız kümeleri daha sonra birbirlerine doğru hareket etmeye başlar ve evren

büzülür. Şekil 3.2 birbirine komşu iki yıldız kümesi arasındaki uzaklığın zaman

ilerledikçe nasıl değiştiğini göstermektedir. Sıfırdan başlayıp en üst bir değere

ulaşmakta, sonra yine sıfıra inmektedir. İkinci tür çözümde evren o denli hızlı

genişlemektedir ki, çekim kuvveti onu biraz yavaşlatsa da hiçbir zaman

durduramaz. Şekil 3.3, bu model de yıldız kümeleri arasındaki uzaklığın artışını

göstermektedir. Uzaklık sıfırdan başlamakta, ancak yıldız kümeleri giderek

kararlı bir hızla birbirlerinden uzaklaşmaktadır. Son olarak, evrenin büzülmeyi

ancak önlemeye yetecek bir hızla genişlediğine varan üçüncü bir çözüm vardır.

Şekil 3.4'de gösterildiği gibi, bu durumda da uzaklık sıfırdan başlayarak sonsuza

dek artar. Ama yıldız kümelerinin birbirinden ayrılma hızı, hiçbir zaman sıfıra

düşmese bile gittikçe azalır.

**Şekil 3.2**

**Şekil 3.3**

**Şekil 3.4**

Birinci tür, Friedmann modelinin kayda değer bir özelliği, modeldeki evrenin

uzay içinde sonsuz olmadığı, ama uzayın da herhangi bir sınırının olmadığıdır.

Çekim o kadar kuvvetlidir ki, uzay bükülerek, dünya yüzeyini andıracak

biçimde, kendi üzerine kapanmıştır. Dünya yüzeyi üzerinde belli bir yönde

gidildiğinde hiçbir zaman aşılamaz bir engelle karşılaşılmaz ya da bir kenardan

aşağı düşülmez, sonunda başlanılan yere geri dönülür. Friedmann'ın birinci

modelinde uzay tıpkı böyledir, ama dünyanın yüzeyi gibi iki boyutlu olmayıp, üç

boyutludur. Dördüncü boyut zaman da sonludur, başı ve sonu olan bir çizgi gibi.

Daha ileride, genel görelik kuramı ile tanecik mekaniğinin belirsizlik ilkesi bir

araya getirildiğinde uzayın ve zamanın her ikisinin de herhangi bir sınır ya da

kenar olmaksızın sonlu olabileceğini göreceğiz.

Evrenin çevresinin boydan boya dolaşıp başlanılan noktaya ulaşılması

bilimkurgucular için iyi bir malzeme olsa da, daha bu tur tamamlanmadan

evrenin çökerek yeniden sıfıra ineceği gösterilebildiğinden, uygulamada bir

yararı yoktur. Evren sıfıra inmeden başladığınız noktaya varabilmeniz için

ışıktan daha hızlı gitmeniz gerekir ki, bu olanaksızdır.

Friedmann'ın genişleyen ve büzülen birinci tür evren modelinde uzay,

dünyanın yüzeyi gibi kendi üstüne kapanıktır. Şu halde sonlu boyuttadır.

Sonsuza dek genişleyen ikinci tür modelde uzay daha değişik bir biçimde, bir

semer gibi bükülüdür. Bu durumda uzay sonsuzdur. Son olarak, kritik hızla

genişleyen üçüncü Friedmann modelinde uzay düzdür (bundan dolayı yine

sonsuzdur).

Acaba hangi Friedmann modelini evreni doğru betimliyor? Evren sonunda

genişlemeyi durdurup büzülmeye mi başlayacak yoksa sonsuza dek genişleyecek

mi? Bu soruyu yanıtlamak için evrenin şimdiki genişleme hızını ve ortalama

yoğunluğunu bilmeliyiz. Eğer yoğunluk genişleme hızı ile belirlenen kritik bir

değerin altındaysa, çekim kuvveti genişlemeyi durdurmak için güçsüz kalacaktır.

Eğer yoğunluk kritik değerin üstündeyse çekim kuvveti gelecekte evrenin

genişlemesini durdurup çökmesine neden olacaktır.

Evrenin şimdiki genişleme hızını, diğer yıldız kümelerinin bizden uzaklaşma

hızlarını Doppler etkisiyle ölçerek belirleyebiliriz. Bu çok kesin bir doğrulukla

elde edilebilir. Ama yıldız kümeleri arasındaki uzaklıklar ancak dolaylı yollarla

ölçülebildiğinden o kadar iyi bilinememektedir. Bu yüzden bütün bildiğimiz

evrenin her bir milyar senede yüzde beş ile on arası genişlediğidir. Evrenin

bugünkü ortalama yoğunluğuna ilişkin sayıdaki belirsizlik daha da fazladır.

Kendi kümemizde ve öteki kümelerde gördüğümüz bütün yıldızların kütlelerini

topladığımızda, öngörülen en düşük genişleme hızı için bile, genişlemeyi

durdurmaya yetecek kütle miktarının yüzde birinden azını elde ederiz. Yıldız

kümemiz ve diğer yıldız kümeleri içinde doğrudan göremediğimiz ama varlığını

yıldızların yörüngelerini etkilemelerinden anladığımız büyük miktarda "kara

madde" olması gerek. Ayrıca, yıldız kümelerinin çoğu demetler gibi bir arada

bulunur ve benzer biçimde bu kez yıldız kümelerinin devinimlerine etkisinden,

yıldız kümesi demetleri arasında da, kara maddenin varlığını çıkarmaktayız.

Bütün bu kara maddeyi topladığımız zaman bile, genişlemeyi durdurmaya

yetecek kütlenin ancak yüzde onunu elde ederiz. Bununla birlikte, daha farkında

olmadığımız ve evrenin ortalama yoğunluğunu, genişlemeyi durdurmaya yetecek

kritik değere çıkartacak, evren içinde düzgün dağılmış başka tür bir maddenin

var olma olasılığını göz ardı edemeyiz. Şu halde, bugünkü kanıtlar evrenin

büyük bir olasılıkla sonsuza dek genişleyeceğine işaret ediyorsa da, şundan da

eminiz ki, evren günün birinde çökecekse bile, en azından on milyar senedir

genişlemekte olduğundan, bu, on milyar seneden önce gerçekleşmeyecektir.

Bundan boş yere endişelenmemeliyiz: o zamana dek insanoğlu Güneş

Sistemi'nin dışında koloniler kurmamışsa, sönen güneşimizle birlikte çoktan yok

olup gitmiş olacaktır!

Friedmann'ın bütün çözümleri, geçmişte bir zamanda (on ila yirmi milyar yıl

önce) yıldız kümeleri arası uzaklığın sıfır olması gerektiği özelliğini taşırlar.

Büyük patlama diye adlandırdığımız o anda, evrenin yoğunluğu ve uzay-zaman

eğriliği sonsuz olmalıydı. Matematik sonsuz sayılarla tam anlamıyla

uğraşamadığından, (Friedmann'ın çözümlerinin dayandığı) genel görelik kuramı,

evrende artık kendisinin de işlemediği bir nokta olduğunu öngörür. Böyle bir

noktaya matematikçiler tekil nokta (ya da tekillik) derler. Aslında bütün bilim

kuramlarımız uzay-zamanın düzgün ve hemen hemen düz olduğu varsayımına

dayanmışlardır ve bu yüzden uzay-zamanın eğriliğinin sonsuz olduğu büyük

patlama tekil noktasında geçerliklerini yitirirler. Bu demektir ki, büyük

patlamadan önce olaylar olsa bile daha sonraki olayları belirlemek için

kullanılamazlar, çünkü büyük patlama anında hesaplarımız geçersizdir. Benzer

biçimde, büyük patlamadan yalnızca bu yana olup biten her şeyi bilsek bile,

ondan önce olanları bulmamıza olanak yoktur. Büyük patlamadan önceki

olayların, bizi ilgilendirdiği kadarıyla hiçbir sonucu yoktur ve bu yüzden evrenin

bilimsel modelinde yer alamazlar. Şu halde onları modelin dışında bırakarak

zaman büyük patlamayla başlamıştır demeliyiz.

Birçok insan zamanın bir başlangıcı olduğu düşüncesini ilahi kudrete şamar

patlattığı için sevmez. (Öte yandan, Katolik Kilisesi büyük patlama modelini

kavrayıp 1951 yılında, onun İncil'le uyum içinde olduğunu resmen açıkladı.)

Büyük patlama sonucundan kaçınmaya yönelik pek çok girişimde bulunduğuna

şaşmamalı. En yaygın biçimde benimsenen öneri, kararlı durum kuramıydı. Nazi

işgalindeki Avusturya'dan kaçan Hermann Bondi ve Thomas Gold adlı iki

sığınak ile, onlarla birlikte savaş sırasında radarın geliştirilmesi üzerinde çalışan

Fred Hoyle (Hoyı), adlı bir Britanyalı tarafından 1948'de ortaya atılmıştı. Bu

düşünceye göre, yıldız kümeleri birbirinden uzaklaştıkça aralarındaki

boşluklarda yaratılan yeni maddeden sürekli olarak yeni yıldız kümeleri

oluşmaktaydı. Bu yüzden evren kabaca her zaman ve uzayın her noktasından

aynı görünmekteydi. Kararlı durum kuramı, sürekli madde yaratılmasını hesaba

katmak için genel görelik kuramında ufak değişiklikler gerekiyordu ancak

maddenin yaratılma hızı o kadar düşüktü ki, (yaklaşık kilometre küp başına

yıldız bir parçacık) deneylerle çelişkiye düşmüyordu. Bu kuram birinci

bölümdeki ölçütlere göre iyi bir kuramdı: basitti ve gözlemlerle sınanabilecek

belirli öngörülerde bulunuyordu. Bu öngörülerden biri, evrende ne zaman ve

nereye bakarsak bakalım yıldız kümeleri ya da benzeri maddelerin sayısının,

belli herhangi bir uzay oylumunda aynı olacağıdır. 1950'lerin sonlarında ve

1960'ların başlarında Cambridge'de Martin Ryle (Rayı) önderliğinde (o da

Bondi, Gold ve Hoyle ile birlikte savaş sırasında radar üzerinde çalışmıştı) bir

grup gökbilimci tarafından dış uzayın radyo dalga kaynakları tarandı. Cambridge

grubu bu kaynakların çoğunun yıldız kümemizin dışında bulunması gerektiğini

ve zayıf kaynakların sayısının kuvvetli kaynakların sayısından çok daha fazla

olduğunu ortaya çıkardı. Güçsüz kaynakları uzak kaynaklar, güçlü kaynakları

yakın kaynaklar olarak yorumladılar. Böyle olunca, birim uzay oylumu başına

uzaktakilere göre daha az sayıda birbirine benzer yakın kaynak bulunmalıydı. Bu

ise, evrenin başka yerlerinden daha az sayıda kaynak bulunduran büyükçe bir

bölgesinin özeğinde olduğumuz anlamına gelmekteydi. Başka bir yoruma göre

kaynaklar geçmişte, radyo dalgaları bize doğru yola çıktıkları zaman, şimdi

olduklarından sayıca daha fazlaydı. Her iki açıklama da kararlı durum kuramının

öngörüleriyle çelişmekteydi. Dahası, 1965 yılında Penzias ve Wilson'ın

mikrodalga ışımayı bulmaları evrenin geçmişte çok daha yoğun olduğunu

gösterdi. Bu durumda, kararlı durum kuramının terk edilmesi gerekti.

Büyük patlama ve buna bağlı olarak zamanın bir başlangıcı olduğu

sonucundan kaçınmak için bir başka açıklama 1963 yılında Rus bilimcileri

Evgenii Lifshitz (Lifşitz) ve Isaac Khalatnikov'dan (Halatnikov) geldi.

Önerdiklerine göre büyük patlama, gerçek evrenin yalnızca bir yaklaşımı olan

Friedmann modellerinin bir tuhaf özelliği olabilirdi. Belki de, gerçek evrene

kabaca benzeyen bütün modeller arasında, Friedmann'ınki büyük patlama

tekilliğini içeren tek modeldi. Friedmann'ın modellerinde yıldız kümeleri giderek

birbirleriden uzaklaşırlar -bu yüzden geçmişte bir zamanda hepsinin aynı yerde

bulunması pek şaşırtıcı değildir. Ama gerçek evren de yıldız kümeleri yalnızca

birbirlerinden uzaklaşmakla kalmazlar -başka yönlerde hızlara da sahiptirler. Bu

yüzden hepsinin aynı noktada bulunmuş olması için aslında hiçbir neden yoktur;

birbirlerine yakın olmuş olmaları yeterlidir. Şimdi genişleyen evren belki bir

büyük patlama tekilliğinin değil de, daha önceki bir büzülme aşamasının

sonucudur; evren küçülmeyi sürdürdükçe içindeki parçacıklar birbirlerine

yapışıp kalmış olmayıp, birbirlerinin yakınından geçip uzaklaşarak evrenin

bugünkü genişlemesini doğurmuş olabilir. O zaman evrenin bir büyük

patlamayla ortaya çıkıp çıkmadığını nasıl öğrenebiliriz? Lifshitz ve Khalatnikov

evrenin, kabaca Friedmann'ın modellerine benzeyen ama bu arada gerçek

evrendeki düzensizlikler ve yıldız kümelerinin gelişigüzel hızlarını da göz önüne

alan modellerini incelediler. Yıldız kümeleri artık birbirlerinden dosdoğru

uzaklaşıyor olmasa bile bu tür modellerin bir büyük patlamayla

başlayabileceğini gösterdiler, ama bunun yine ancak yıldız kümelerinin belli bir

biçimde devindiği bazı kuraldışı modeller için geçerli olabileceğini eklediler.

Büyük patlama tekilliğini içeren bir tek Friedmann modeline karşılık bu

tekilliğini içermeyen sonsuz sayıda benzer modeller olabileceğinden, büyük

patlamanın gerçek olmadığı sonucuna varmamız gerektiğini ileri sürdüler. Ama

daha sonra, yıldız kümelerinin özel bir biçimde devinmesi gerekmediği,

Friedmann modeline benzer, çok daha genel türde, tekillik içeren modeller

olduğunun farkına vardılar. Bu yüzden savlarını 1970'te geri çektiler.

Lifshitz ve Khalatnikov'un çalışması, genel görelik kuramı doğruysa evrenin

bir tekil noktası, bir büyük patlama anı olabileceğini gösterdiği için değerlidir.

Ama şu can alıcı soruyu yanıtsız bırakmıştır: genel görelik kuramı, evrenin bir

büyük patlama anı, zamanın başlangıcı olması gerektiğini öngörüyor mu? Bunun

yanıtı 1965 yılında Britanyalı matematikçi ve fizikçi Roger Penrose'un kökten

farklı bir yaklaşımından geldi. Işık konilerinin genel göreliğe göre davranışları

ile kütlesel kuvvetin her zaman çekici olmasını birlikte kullanarak, Penrose

kendi çekim kuvveti altında çöken bir yıldızın, yüzeyi sonunda sıfıra inen bir

bölge içinde kalacağını gösterdi. Bu bölgenin yüzeyi sıfıra indiği için oylumu da

sıfıra inmeliydi. Yıldızın içindeki maddenin tümü sıfır oylumda bir bölgeye

sıkışacağı için maddenin yoğunluğu ve uzay-zamanının eğriliği sonsuz olacaktı.

Başka bir deyişle, kara delik diye bilinen uzay-zaman bölgesi içinde bir tekil

nokta bulunmaktadır.

İlk bakışta Penrose'un sonucu ancak yıldızlara uygulanabilir gi bi

görünüyordu; evrenin tümünün geçmişinde bir büyük patlama tekilliği olup

olmadığı sorusuna ilişkin herhangi bir şey söylemiyordu. Penrose bu teoremi

ortaya koyduğunda, ben doktora tezim için çaresizce konu bulmaya çalışan bir

araştırma öğrencisiydim. Bu olaydan iki yıl önce, halk arasında Lou Gehrig

hastalığı diye bilinen ALS ya da motor nöron hastalığı teşhisi konulmuş ve bana

ancak bir iki yıl daha yaşayabileceğim söylenmişti. Bu koşullar altında doktora

tezine başlamanın pek bir anlamı yoktu -bitirinceye dek yaşayacağımı

sanmıyordum. Ama iki yıl geçmiş ve durumum pek de kötüleşmemişti. Aslında

işim iyi gitmeye başlamış, Jane Wilde (VayId) adında çok hoş bir kızla da

nişanlanmıştım. Ama evlenebilmek için bir işe, iş için de doktora derecesine

gerek vardı.

1965 yılında Penrose'un, çekim kuvvetiyle çöken her cismin, sonunda bir

tekil noktaya ulaşması gerektiğini anlatan teoremini okumuştum. Kısa bir süre

sonra, Penrose'un teoreminde, çökme genişlemeye dönüşecek biçimde zamanın

yönü tersine döndürüldüğünde, şimdiki evren büyük ölçekte Friedmann

modeline kabaca uyduğu sürece, teoremin koşullarının hala geçerli olacağını

fark ettim. Penrose'un teoremi çökmekte olan her yıldızın bir tekil noktada

sonlaması gerektiğini göstermişti; zamanın akışının tersine çevrildiği durumda

ise Friedmann modelini benzeri, her genişleyen evrenin bir tekil noktadan

başlaması gerektiğini gösterdi. Teknik nedenlerden dolayı Penrose kuramı,

evrenin sonsuz büyüklükte olmasını gerektiriyordu. Bu yüzden bunu, evren

ancak çöküşü önleyecek hızla genişliyorsa tekilliğin varolacağını kanıtlamak için

kullanabilirdim (çünkü yalnızca bu tür Friedmann modelleri sonsuz

büyüklükteydi).

Bundan sonraki birkaç yıl içinde tekil noktaların varlığını kanıtlayan bu

teoremlerden, bu ve diğer teknik koşulları kaldıracak yeni matematik yöntemler

geliştirdim. Sonuç, 1970'te Penrose ile birlikte yayınladığımız, genel göreliğin

doğruluğu ve evrenin gözlemlediğimiz kadar madde içermesi koşuluyla bir

büyük patlama tekilliğinin olmuş olması gerektiğini kanıtlayan makale oldu.

çalışmamıza çok karşı çıkışlarda bulunuldu. Bunların bir bölümü, bilimsel

determinizme Marksçı bağlılıklardan ötürü Ruslardan; bir bölümü de, tümüyle

çirkin tekillik düşüncesinin, Einstein'ın kuramının güzelliğini bozduğunu ileri

sürenlerden geldi. Ama bir matematik teoremi üzerinde fazla tartışılamaz.

Sonunda çalışmamız yaygın kabul gördü ve böylece bugün hemen herkes

evrenin büyük patlamayla başladığını varsayıyor. Belki biraz komik gelecek ama

ben bu arada düşüncemi değiştirmiş olduğumdan şimdi diğer fizikçileri evrenin

başlangıcında bir tekillik olmadığına inandırmaya çalışıyorum -ilerideki

bölümlerde göreceğiniz gibi tanecik etkileri hesaba katıldığında bu tekillik yok

olmaktadır.

Bu bölümde, insanoğlunun binlerce yıl içinde oluşan evren görüşünün yarım

yüzyıldan kısa bir süre içinde nasıl değiştiğini gördük. Hubble'ın evrenin

genişlediğini buluşu ve evrenin uçsuz bucaksızlığında kendi gezegenimizin

önemsizliğinin ayırdında varışımız yalnızca bir başlangıçtı. Deneysel ve

kuramsal kanıtlar dağ gibi üst üste yığıldıkça evrenin zaman içinde bir başlangıcı

olması gerektiği düşüncesi gün geçtikçe açıklık kazandı ve sonunda 1970'te

Penrose ve ben, Einstein'ın genel görelik kuramına dayanarak bunu kanıtladık.

Bu kanıt genel göreliğin eksik bir kuram olduğunu gösteriyordu: evrenin nasıl

başladığını anlatamazdı, çünkü kendisi de içinde olmak üzere tüm fiziksel

kuramların evrenin başlangıcında işlemeyeceğini öngörüyordu. Ancak genel

görelik kendisini yalnızca kısmi bir kuram olarak ortaya koyuyor. O halde

tekillik teoremlerinin gerçekte bize gösterdiği şu: evrenin ilk zamanlarında öyle

bir an vardı ki, evren, yirminci yüzyılın bir diğer kısmı kuramının, tanecik

mekaniğinin ele aldığı küçük ölçekteki etkilerin gözden uzak tutulamayacağı

kadar küçüktü. İşte 1970'lerin başlarında, evreni anlama yolundaki arayışımızı

olağanüstü büyüklerin kuramından olağanüstü küçükleri kuramına yöneltmek

zorunda kaldık. Tanecik Mekaniği denen bu kuramı bundan sonraki bölümde

anlatacağız; dikkatimizi iki kısmi kuramı çekimin tanecik kuramı adı altında

birleştirme çabalarına çevirmeden önce.

**4 Beli̇rsi̇zli̇k İlkesi̇**

Bilimsel kuramların, özellikle Newton'ın çekim yasasının başarısı, on

dokuzuncu yüzyılın başında Fransız bilimcisi Marki Laplace'ı (Laplas) evrenin

tümüyle belirlenir olduğu savına vardırdı. Laplace'ın önerdiğine göre, öyle bir

bilimsel yasalar takımı olmalıydı ki, yalnızca bir an için evrenin tümünün

durumunu bilirsek evrende olup bitecek her şeyi hesaplayabilirdik. Örneğin,

güneşin ve gezegenlerin bir andaki hızlarını ve konumlarını biliyorsak, Güneş

Sistemi'nin başka zamanlardaki durumunu Newton'ın yasalarını kullanarak

hesaplayabilirdik. Bu bağlamda belirlenirlik oldukça açık gözüküyor ama

Laplace bununla kalmayıp insan davranışları da içinde olmak üzere her şeye

hükmeden benzeri yasaların varolduğunu ileri sürdü.

Bilimsel belirlenirlik öğretisine, Tanrı'nın dünya işlerine karışma

özgürlüğüne saldırıda bulunduğu için pek çok kişi şiddetle karşı çıktı. Yine de,

bu yüzyılın başına dek bilimin olağan bir varsayımı olarak kaldı. Bu inancın terk

edilmesi gereğinin ilk göstergesi, Britanyalı bilimciler Lord Rayleigh (Reyli) ve

Sir James Jeans'ın (Ciyns) sıcak bir nesnenin, ya da yıldız gibi bir cismin sonsuz

bir hızda enerji yaydığını ileri sürmeleri oldu. O zaman inandığımız yasalara

göre sıcak bir cisim her frekansta eşit bir biçimde elektromanyetik dalgalar

(radyo dalgaları, görünen ışık ya da röntgen ışınları gibi) yaymalıydı. Örneğin

sıcak bir cisim, frekansları saniyede bir ile saniyede iki milyon dalga arasındaki

dalgalarla yaydığı enerjinin aynısını, frekansları saniyede iki ile üç milyon dalga

arasındaki dalgalarla da yayacak. Ama saniyedeki dalga sayısı sınırsız olduğuna

göre, yayılan toplam enerji sonsuz olacak demek.

Gülünçlüğü apaçık bu sonuçtan kaçınmak için Alman bilimcisi Max Planck

(Plank) 1900'de ışık, röntgen ışınları ve öbür dalgaların herhangi bir sıklıkta

değil de, ancak tanecikler diye adlandırdığı belli paketlerle yayılabileceğini öne

sürdü. Ayrıca, her taneciğin, dalgaların frekansı yükseldikçe artan belli bir

enerjisi vardı. Buna göre, yeterince yüksek bir frekansta, tek bir taneciği yaymak

için bile oldukça fazla enerji gerekecek ve böylece yüksek frekanslarda dalga

yayını azalacak, yani cisim ancak sonlu bir hızda enerji yitirecekti.

Tanecik varsayımı, sıcak cisimlerden yayılan ışımanın hızını gayet güzel bir

biçimde açıklıyordu. Ama bu varsayımın belirlenirliğe etkisi, 1926'da bir başka

Alman bilimcisi Werner Heisenberg (Heyzenberg) ünlü belirsizlik ilkesini ortaya

koyuncaya dek anlaşılamadı. Bir parçacığın gelecekteki konumunu ve hızını

hesaplayabilmek için şu andaki konumunun ve hızının kesin olarak

ölçülebilmesi gerekir. Bunu yapmanın en kolay yolu parçacığa ışık tutmaktır.

Işık dalgalarının bir bölümü parçacığa çarpıp saçılacak ve buradan parçacığın

konumu saptanacaktır. Ancak parçacığın konumu, ışığın iki dalga tepesi

arasındaki uzaklıktan daha küçük bir hata ile saptanamayacağından, parçacığın

konumunu daha kesin ölçmek için daha kısa dalga boylu ışık kullanmak gerekir.

Şimdi, Planck'ın tanecik varsayımına göre, alabildiğine küçük nicelikte ışık

kullanamayız; en az bir adet tanecik kullanmak zorundayız. Bu tek tanecik

dokunduğu parçacığın hızını önceden bilinemeyecek bir biçimde değiştirecektir.

Üstelik, konumu daha kesin ölçebilmek için daha kısa dalga boylu ışık

gerekecek ve bundan dolayı tek bir taneciğin enerjisi daha da yüksek olacaktır. O

halde parçacık daha fazla etkilenecektir. Başka deyişle, parçacığın konumunu

daha kesin ölçmek için uğraştığınızda, hızını daha hatalı ölçüyor olacaksınız, ya

da tersine. Heisenberg gösterdi ki, parçacığın konumundaki belirsizlik ile

parçacığın hız çarpı kütlesindeki belirsizliğin çarpımı, Planck sabiti olarak

bilinen belli bir nicelikten asla küçük olamaz. Ayrıca, bu sınır koşulu, parçacığın

konumunun ya da hızının hangi yolla ölçülmek istendiğine ya da parçacığın

türüne bağlı değildir: Heisenberg'in belirsizlik ilkesi dünyanın temel, kaçılamaz

bir özelliğidir.

Belirsizlik ilkesi, dünyaya bakış açımıza ta derinden dokunur. Aradan elli

yıldan fazla zaman geçmiş olmasına karşın, etkileri çoğu düşünürce

kavranamamış olup hala büyük tartışma konusudur.

Belirsizlik ilkesi, Laplace'ın bir bilim kuramı düşünün, tamamıyla

belirlenebilir bir evren modelinin ölüm çanını çaldı: eğer evrenin şu andaki

durumu bile kesin bir biçimde ölçülemiyorsa, gelecekteki olayları doğru

hesaplamak hiç mümkün olamazdı! Yine de, hiç bozmadan evrenin şu andaki

konumunu gözlemleyebilecek bir doğaüstü varlık için, olayları tümüyle

belirleyen bir yasalar takımı olduğunu düşünebiliriz. Ancak, bu türden evren

modelleri biz ölümlere pek ilginç gelmiyor. En iyisi Occam'ın traş bıçağı denilen

tutumluluk ilkesini kullanıp, kuramın gözlemlenemeyen yönlerini kesip atmak.

Bu yaklaşım Heisenberg, Erwin Schroedinger (Şrödinger) ve Paul Dirac'ı

(Dirak) 1920'lerde mekaniği belirsizlik ilkesi temelinde yeniden ele alıp tanecik

mekaniği denilen yeni bir kuram ile açıklamaya götürdü. Bu kuramda

parçacıkların iyi tanımlı, ayrı ayrı, ama kesin ölçülmeyen konumları ve hızları

yoktu. Bunun yerine, konum ve hızın bileşimi olan bir tanecik durumu vardı.

Genel olarak, tanecik mekaniği bir gözlem için tek ve kesin bir sonuç

öngörmez. Bunun yerine, birtakım olası sonuçlar öngörür ve her birinin ne kadar

olası olduğunu söyler. Yani, başlangıç durumları aynı bir sürü benzeri sistem için

aynı ölçüm yapıldığında, ölçümün sonucu bir bölüm için A, başka bir bölüm için

B, vb bulunur. Sonucun yaklaşık kaçta kaçının A ya da B olacağı hesaplanabilir,

ama herhangi bir ölçümün kendine özgü sonucu önceden bilinemez. Tanecik

mekaniği böylece bilime kaçınılmaz bir bilinemezlik ya da gelişigüzellik öğesi

sokmaktadır. Einstein buna şiddetle karşı çıktı, bu düşüncenin gelişmesinde

önemli bir payı bulunduğu halde. Tanecik kuramına katkısından dolayı Einstein'a

Nobel ödülü verildi. Buna karşın Einstein evrene şansın hükmettiğini asla kabul

etmedi; duyguları şu ünlü deyişle özetlenebilir: "Tanrı zar atmaz." Oysa öbür

bilimcilerin çoğu, tanecik mekanikliğini kabul etme yanlısıydılar, çünkü

deneylere tamamen uymaktaydı. Gerçekten de, oldukça başarılı bir kuram olarak

modern bilim ve teknolojinin neredeyse tümünün temelini oluşturmaktadır.

Televizyon ve bilgisayar gibi elektronik aygıtların temel ögeleri olan transistorlar

ve tümleşik devrelerin işleyişini, modern kimya ve biyolojinin temelini ona

borçluyuz.Tanecik mekaniğini henüz uygun bir biçimde içine alamayan yalnızca

iki fizik bilimi alanı, çekim ve evrenin büyük ölçekte yapısı, kaldı.

Işık, dalgalardan oluşmuş olsa bile, Planck'ın tanecik varsayımı bize, bazı

yönleriyle ışığın parçacıklardan oluşmuş gibi davrandığını söylüyor: ışık

yalnızca paketler, ya da tanecikler biçiminde yayınlanabilir ve soğurulabilir.

Aynı biçimde, Heisenberg'in belirsizlik ilkesi de parçacıkların bazı yönleriyle

dalgalar gibi davranacaklarını anlatıyor: parçacıkların kesin bir konumları yoktur

ama belli bir olasılık çerçevesinde "dağınık" durumda bulunmaktadırlar. Tanecik

mekaniği kuramının dayalı olduğu bu tümüyle yeni matematik temeli, gerçek

dünyayı artık parçacıklar ve dalgalar boyutunda açıklamaz; yalnızca

gözlemlerimiz bunlarla açıklanabilir. Tanecik mekaniğinde dalgalar ve

parçacıklar arasında böyle bir ikilik vardır: bazı durumlarda parçacıkları dalgalar

olarak ele almak, öbür durumlarda ise dalgaları parçacıklar olarak ele almak

elverişli olmaktadır. Bunun önemli bir sonucu, iki dalga ya da parçacık takımı

arasında "girişim" denilen olayın gözlemlenebilmesidir. Yani, bir dalga dizisinin

tepeleri öbür dalga dizisinin çukurlarına denk gelir. O zaman bu iki dalga dizisi

beklendiği gibi birbirlerine eklenip daha kuvvetli bir dalga oluşturacaklarına,

birbirlerini yok ederler (Şekil 4.1). Işık girişiminin bilinen bir örneği, sabun

köpükleri üzerinde görülen renklerdir.

**Şekil 4.1**

Bu renklerin nedeni, ışığın, köpüğü oluşturan ince su tabakasının her iki

tarafından yansımasıdır. Beyaz ışıkta, hepsi değişik renkli, ışık dalgaları bulunur.

Bazı dalga boyları için, dalga boylu, yani değişik renkli, ışık dalgaları bulunur.

Bazı dalga boyları için sabun tabakasının bir tarafından yansıyan dalgaların

tepeleri öbür tarafından yansıyan dalgaların çukurlarına denk düşer. Bu dalga

boylarına karşılık olan renkler yansıyan ışıkta bulunmaz, böylece ışık renkli

gözükür.

**Şekil 4.2**

Girişim olayı parçacıklarda da gözlenir, tanecik mekaniğinin ortaya koyduğu

ikilikten ötürü. İyi bilinen bir örnek "iki yarık" denilen deneydir (Şekil 4.2).

Üzerinde birbirine koşut iki dar yarık bulunan bir bölme düşünelim. Bölmenin

bir yanına belli bir renkte (yani belli bir dalga boyunda) bir ışık kaynağı konmuş

olsun. Işığın çoğu bölmeyi aydınlatacak ama az bir bölümü de yarıklardan

geçecektir. Bölmenin öbür yanından yeterince uzağa bir perde konmuş olsun.

Perdenin üzerindeki herhangi bir noktaya, her iki yarıktan da ışık dalgaları

gelecektir. Ancak, genel olarak, ışığın kaynaktan perdeye kat ettiği yol her iki

yarık için değişik olacaktır. Bu demektir ki yarıklardan çıkan dalgalar perdeye

vardıklarında aynı fazda olmayacaklardır: bazı yerlerde birbirlerini yok

edecekler, bazılarında ise kuvvetlendireceklerdir. Sonuç, kendine özgü bir açıkkoyu

girişim çizgileri şeklidir.

Olağanüstü olan şey, ışık kaynağı yerine belli bir hızı olan (yani belli

uzunluktaki dalgalara karşılık olan) parçacıklar, örneğin elektronlar

kullanıldığında tıpatıp aynı girişim çizgilerinin elde edileceğidir. Olay daha da

bir tuhaf görünebilir, çünkü tek bir yarık durumunda girişim yerine perdenin

üzerinde elektronların düzgün bir dağılımı elde edilir. Bir yarık daha açmanın

yalnızca perdenin her noktasına düşen elektron sayısını artıracağını düşünmek

doğal olabilir, oysa girişim nedeniyle, aslında bu sayı bazı yerlerde azalır.

Elektronlar yarıklara tek tek gönderilseler, her biri ya bir yarıktan ya da

ötekinden geçecek ve böylece geçtiği yarıktan başka bir tane daha yokmuş gibi

davranacak -perdede düzgün bir dağılıma yol açacaktır. Ancak gerçekte,

elektronlar tek tek bile gönderilseler girişim çizgileri ortaya çıkmaktadır. O halde

her bir elektron her iki yarıktan da aynı anda geçiyor olmalı!

Tanecikler arasındaki girişim olayı, kimya ve biyolojinin temel birimi ve

bizim ve çevremizdeki her şeyin oluştuğu yapı taşı olan atomların yapısını

anlamamızda bir dönüm noktasıdır. Bu yüzyılın başlarında, atomların güneş

etrafında dönen gezegenler gibi, artı elektrik yüklü bir çekirdek etrafında dönen

eksi elektrik yüklü elektronlardan oluştuğu düşünülüyordu. Güneş ve gezegenler

arasındaki kütlesel çekim kuvvetleri nasıl gezegenleri yörüngede tutuyorsa, artı

ve eksi yüklerin arasındaki çekimin de elektronları yörüngelerinde tuttuğu

sanılıyordu. Bu düşüncenin sorunu, tanecik mekaniğinden önceki mekanik ve

elektrik yasalarına göre, elektronların enerji yitirerek sarmal bir yörüngede

alçalıp çekirdeğin üzerine düşeceğinin gerekmesiydi. Bu da, atomun ve

dolayısıyla tüm maddelerin çökerek büyük bir hızla müthiş bir yoğunluk

durumuna geleceği demekti. Bu soruna karşı bir çözüm Danimarkalı bilimci

Niels Bohr (Bor) tarafından 1913 yılında bulundu. Bohr, elektronların

çekirdekten herhangi bir uzaklıkta değil de, önceden saptanmış belli uzaklıklarda

yörüngede kalabileceklerini ortaya attı. Ayrıca, belli bir uzaklıkta ancak bir ya da

iki elektronun dönebileceği de varsayılırsa, bu, atomun çökmesi sorununu

çözmüş olurdu; çünkü elektronlar olsa olsa çekirdeğe en yakın olan en az enerjili

yörüngeyi dolduracak kadar alçalabileceklerdi.

Bu model, çekirdeği etrafında dönen, bir tek elektronu olan, yapısı en basit

hidrojen atomunu pek güzel açıklıyordu. Fakat daha karmaşık atomlara nasıl

uygulanacağı pek de açık değildi. Üstelik sınırlı bir "olanaklı" yörüngeler takımı

düşüncesi fazla keyfilik taşıyordu. Yeni tanecik mekaniği kuramı bu zorluğu

ortadan kaldırdı. Çekirdek etrafında dönen elektronun, hızına bağlı bir

dalgaboyuna sahip bir dalga olarak düşünülebileceğini ortaya koydu. Bazı

yörüngelerin uzunluğu, elektronun dalgaboyunun tam katına (kesirsiz olarak)

denk düşmekteydi. Bu yörüngeler boyunca dalga tepeleri her dönüşte aynı

noktada oluyor ve dalgalar böylece kuvvetleniyordu; bu yörüngeler Bohr'un

olanaklı yörüngelerinin karşılığı oluyordu. Fakat uzunlukları dalga boyunun tam

katı olmayan öteki yörüngelerde, her dalga tepesi elektronlar döndükçe eninde

sonunda bir dalga çukuru tarafından yok edilecekti; bu yörüngeler olanaksız

sayılıyordu.

Parçacık/dalga ikiliğini kafada canlandırmanın güzel bir yolu Amerikan

bilimcisi Richard Feynman (Feynmın) tarafından ortaya konan "geçmişler

toplamı" denilen yöntemdir. Bu yaklaşımda, taneciksiz klasik kuramdaki gibi

parçacıkların uzay-zamanda tek bir geçmişleri ya da yolları olduğu varsayımı

yoktur. Bunun yerine, bir parçacığın A'dan B'ye her olası yoldan gittiği

varsayılır. Her yola ilişkin iki sayı bulunur: birincisi dalganın büyüklüğünü,

ikincisi ise çevrimdeki konumunu (yani tepede mi çukurda mı olduğunu)

gösterir. A'dan B'ye gitme olasılığı, tüm yollar için dalgaların toplamı alınarak

bulunur. Genel olarak, bir komşu yollar takımı karşılaştırılırsa, fazlar, ya da

konumlar çok farklı olacaktır. Bu demektir ki, bu yollara ilişkin dalgalar

çoğunlukla birbirlerini tümüyle yok edeceklerdir. Oysa bazı komşu yollar takımı

için fazlar, yoldan yola pek değişmeyecek ve bu yollara ilişkin dalgalar yok

olmayacaktır. İşte bu yollar, Bohr'un olanaklı yörüngelerine karşılıktır.

Somut matematik biçime konan bu düşüncelerle, daha karmaşık atomlara ve

hatta birden çok çekirdek etrafında dönen elektronların bir arada tuttuğu

atomlardan oluşan moleküllere ilişkin olanaklı yörüngeleri hesaplamak oldukça

basit bir işleme dönüştü. Moleküllerin yapısı ve birbirleriyle reaksiyonları tüm

kimya ve biyolojinin temelini oluşturduğundan, tanecik mekaniği, ilkesel olarak,

çevremizde görebildiğimiz hemen her şeyi, belirsizlik ilkesinin çizdiği sınırlar

içinde hesaplamamıza olanak sağlar. (Ancak, uygulamada içinde birkaç taneden

fazla elektron bulunan dizgeler için gereken hesaplar öylesine karmaşıktır ki,

bunu yapamayız.)

Einstein’ın genel görelik kuramı evrenin büyük ölçekteki yapısına

hükmediyor gibidir. Klasik olarak adlandırılan bir kuramdır; yani tanecik

mekaniğinin belirsizlik ilkesini hesaba katmaz, öteki kuramlarla tutarlı

olabilmek için gerekse bile. Gözlemlerle herhangi bir çelişkiye düşmemesinin

nedeni, normal olarak algıladığımız kütlesel çeki alanlarının çok zayıf oluşudur.

Ancak, daha önce sözü edilen tekillik teoremleri, en az iki durumda, kara

deliklerde ve büyük patlamada, çekim alanının çok şiddetli olacağına işaret

ediyor. Böylesi şiddetli alanlarda, tanecik mekaniğinin etkileri önemli olmalı.

Böylece, bir anlamda, klasik genel görelik, sonsuz yoğunlukta noktalar

öngörmekle aslında kendi yıkılışının haberini veriyor, nasıl ki klasik (yani

taneciksiz) mekanik, atomların sonsuz yoğunluğa çökeceğini ileri sürerek kendi

yıkılışını öngördü. Henüz genel göreliği ve tanecik mekaniğini birleştiren tam,

tutarlı bir kuramımız yok, ama böyle bir kuramın taşıması gereken özelliklerin

bir bölümünü biliyoruz. Bunların kara delikler ve büyük patlama için ne anlama

geldiğini kitabımızın daha ileri bölümlerinde göreceğiz. Ama şimdilik, yakın

zamanlardaki, doğanın öbür kuvvetlerine ilişkin anlayışlarımızı tek bir tanecik

kuramında birleştirme çabalarına dönelim.

**5 Temel Parçacıklar ve Doğanın Kuvvetleri**

Aristo, dünyadaki bütün maddenin dört temel elementten; hava, toprak, ateş

ve sudan oluştuğuna inanıyordu. Bu elementlere iki kuvvet etki etmekteydi:

yerçekimi yani toprağın ve suyun batma eğilimi ve uçuculuk yani hava ve ateşin

yükselme eğilimi. Evrenin içeriğinin madde ve kuvvetlerce bu şekilde bölünmesi

bugün hala kullanılmaktadır.

Aristo maddenin sürekli olduğuna inanıyordu, yani, bir madde parçasını

sürekli olarak istediğimiz kadar küçük parçalara bölebilir, hiçbir zaman daha

küçük parçaya bölünemeyecek madde taneciği ile karşılaşamazdık. Bunun yanı

sıra Demokritus gibi birkaç Yunanlı da maddenin küçük taneciklerden

oluştuğunu ve her şeyin çok sayıda değişik atomdan yapıldığını savunuyorlardı.

(Atom sözcüğü Yunancada "bölünemez" demektir.) Bu tartışma çağlar boyu iki

taraf arasında gerçek bir kanıt olmadan sürüp gitti, ta ki 1803 yılında Britanyalı

kimyacı ve fizikçi John Dalton'un (Daltın) kimyasal bileşiklerin her zaman belli

oranlarda gerçekleşmesinin atomların molekül denen birimleri oluşturmak üzere

bir araya gelmesiyle açıklanabileceğini işaret etmesine kadar. Yine de bu iki

düşünce akımı arasındaki tartışma atomcuların lehine bu yüzyılın ilk başlarına

dek bir sonuca bağlanamadı. Bu konuya ilişkin en önemli fiziksel kanıtlardan

biri Einstein tarafından sağlandı. Einstein 1905 yılında, özel görelik kuramı

üzerindeki makalesinden birkaç hafta önce yazdığı başka bir makalede,

sıvılardaki küçük toz parçacıklarının Brown (Bravn) devinimi olarak bilinen

düzensiz ve gelişigüzel hareketlerinin, sıvı moleküllerinin toz parçacıkları ile

çarpışmasından doğabileceğini belirtti.

Daha o zamanlar, atomların bölünmez olduğuna ilişkin kuşkular ortaya

çıkmaya başlamıştı. Bundan birkaç yıl önce Cambridge'deki Trinity College'ın

üyesi olan J.J. Thomson (Tamsın) kütlesi, en hafif atomun kütlesinin binde

birinden az olan, elektron diye bir maddenin varlığını göstermişti. Bunu

göstermek için bugünkü televizyon resim tüpüne benzeyen bir düzenek kullandı:

sıcak bir metal fitilden çıkan elektronlar eksi yüklü oldukları için fosfor kaplı bir

ekrana doğru elektrik alanı etkisiyle hızlandırılıyordu. Thomson, bunlar ekrana

çarptıkları zaman ışık parıltılarının yayıldığını gözledi. Kısa bir süre sonra, bu

elektronların, atomların kendi içlerinden çıktığı anlaşıldı. Ve 1911 yılında

Britanyalı fizikçi Ernest Rutherford (Radırfırd) maddeyi oluşturan atomların

gerçekten bir iç yapıları olduğunu gösterdi: atomlar, etrafında elektronların

döndüğü, son derece küçük, artı yüklü çekirdeklerden oluşmaktaydılar.

Rutherford bu sonucu, radyoaktif atomlarca yayınlanan artı yüklü alfa

parçacıklarının atomlarla çarpıştığında nasıl saptırıldığını inceleyerek çıkardı.

ilk önceleri, atom çekirdeğinin elektronlar ve değişik sayıda proton denen

artı yüklü parçacıklardan oluştuğu sanılıyordu. Proton, maddeyi oluşturan temel

yapı taşı sanıldığı için Yunanca "birinci" anlamına gelen sözcükten alınmıştır.

1932 yılında, Rutherford'un Cambridge'den bir arkadaşı olan James Chadwick

(Cedvik) çekirdekte, protonla aynı kütleye sahip ama elektrik yükü olmayan

nötron adlı başka bir parçacığın bulunduğunu keşfetti. Chadwick bu buluşundan

dolayı Nobel ödülünü kazandı ve Gonville ve Caius College'a başkan seçildi

(şimdi benim bulunduğum okul). Daha sonra diğer meslektaşlarıyla olan

anlaşmazlıklardan dolayı buradan istifa etti. Harpten dönen genç öğretim

görevlilerinin, bir sürü yaşlı öğretim görevlisini uzun süredir tuttukları

mevkilerden oylama yoluyla uzaklaştırmalarından beri okulda tatsız bir

anlaşmazlık süregelmekteydi. Bu benim dönemimden önceydi; ben okula, bu

tatsızlıkların sona ermek üzere olduğu, benzer anlaşmazlıkların Nobel ödülü

sahibi Sir NevilI Mott'u (Mat) istifaya zorladığı 1965 yılında katıldım.

Yirmi yıl önceye kadar proton ve nötronların temel parçacıklar oldukları

sanılıyordu, ama protonların hızla diğer proton ve elektronla çarpıştıkları

deneyler, onların daha da küçük parçacıklardan yapıldıklarını gösterdi. Bu

parçacıklara, bu konuda yaptığı çalışmalarla 1969 Nobel ödülünü kazanan

Caltech'li fizikçi Murray GellMann (Gelman) tarafından kuvark adı verildi.

Kuvark sözcüğünün kendi başına hiç bir anlamı yoktur. Kaynağı James

Joyce'dan (Coys) bilmeceli bir alıntıdır: "Mastır Mark için üç kuvark."

Kuvarkların değişik türleri vardır: aşağı, yukarı, garip, meftun, alt ve üst

olarak adlandırılan en az altı "çeşni" kuvark olduğu düşünülmektedir. Her çeşni

üç değişik "renkte" olabilir: kırmızı, yeşil, mavi (Bu nitelemenin salt

sınıflandırma için olduğunu vurgulamak gerekir. Kuvarklar görünen ışığın dalga

boyundan çok daha küçüktür ve bu yüzden bildiğimiz anlamda bir renkleri

yoktur. Öyle görülüyor ki, çağdaş fizikçiler yeni parçacık ve fiziksel olayları

adlandırırlarken hayal güçlerini öncekilerden daha çok kullanıyorlar, kendilerini

artık Yunancayla kısıtlamıyorlar!) Bir proton ya da nötron her renkten bir tane

olmak üzere üç kuvarktan oluşmuştur. Protonda iki yukarı kuvark ve bir aşağı

kuvark bulunur; bir nötronda ise iki aşağı ve bir yukarı kuvark vardır. Diğer

kuvarklardan (garip, meftun, alt ve üst) yapılmış başka parçacıklar yaratabiliriz

ama bunların kütleleri çok büyük olacağı için hızla proton ve nötrona

dönüşürler.

Şimdi biliyoruz ki, ne atomlar, ne de onların içindeki proton ve nötronlar

bölünemez değillerdir. O zaman sorulması gereken soru şu olmakta: gerçek

temel parçacıklar, yani diğer başka her şeyin yapıldığı temel yapı taşları

nelerdir? Işığın dalga boyu bir atomdan çok daha büyük olduğu için atomun

içini, ona bakarak görmeyi bekleyemeyiz. Çok daha küçük dalga boylu bir şey

kullanmak zorunda olduğumuz açık. Geçen bölümde gördüğümüz gibi, tanecik

mekaniği bize parçacıkların aslında dalga olduğunu ve parçacığın enerjisi

yükseldikçe dalga boyunun küçüldüğünü söylemektedir. Bu yüzden sorumuzun

yanıtı, elimizin altında ne kadar çok parçacık enerjisi olduğuna bağlıdır, çünkü

ne kadar küçük ölçeğe bakabileceğimizi ancak bu belirler. Bu parçacık enerjileri

genellikle elektronvolt adı verilen bir birimle ölçülür. (Thomson'un elektronlarla

yaptığı deneylerde, elektronları hızlandırmak için elektrik alanını kullandığını

görmüştük. Bir elektronun, bir voltluk elektrik alanından kazandığı enerjiye bir

elektronvolt denir.) On dokuzuncu yüzyılda, insanların parçacık enerjileri olarak

ancak yanma gibi kimyasal tepkimelerden doğan birkaç elektronvoltu bildikleri

zamanda, atomların en küçük birim oldukları sanılıyordu. Rutherford'un

deneyinde, alfa parçacıklarının milyonlarca elektronvolt düzeyinde enerjileri

vardı. Daha yakın geçmişte, elektromanyetik dalgaları kullanarak parçacıklara

önce milyonlarca, sonra milyarlarca elektronvoltluk enerji bindirmeyi öğrendik.

Artık, yirmi yıl önce temel parçacık sandıklarımızın, daha da küçük

parçacıklardan oluştuklarını biliyoruz. Daha yüksek enerjilere doğru çıktıkça,

acaba bunların daha da küçük parçacıklardan yapıldığını bulabilir miyiz? Bu, hiç

kuşkusuz olanaklıdır, ama doğanın temel yapı taşları bilgisine sahip olduğumuza

ya da ona çok yakın olduğumuza ilişkin bazı kuramsal nedenler gerçekten

elimizde bulunmaktadır.

Geçen bölümlerdeki dalga/parçacık ikiliğini kullanarak, evrendeki her şeyi,

ışık ve çekim de içinde olmak üzere, parçacıklar yoluyla betimleyebiliriz.

Parçacıkların "dönme" denen bir özelliği vardır. Dönmenin ne olduğunu

kavramanın bir yolu, parçacıkları bir eksen etrafında dönen topaçlar gibi

düşünmektedir. Yalnız bu biraz yanıltıcı olabilir, çünkü tanecik mekaniği ne göre

parçacıkların kesin tanımlı eksenleri olamaz.

**Şekil 5.1**

Bir parçacığın dönmesi derken ne kastettiğimiz, aslında o parçacığın değişik

yönlerden nasıl göründüğüdür. 0-dönmeli bir parçacık noktaya benzer; hangi

yönden bakarsak bakalım aynı görünür (Şekil 5.1-a). Öte yandan, 1-dönmeli

parçacık oka benzer; değişik yönlerden değişik görünür (Şekil 5.1 b). Ancak tam

bir tur (360 derece) döndürüldüğünde ilk görüntüsünü alır. 2-dönmeli bir

parçacık ise iki uçlu oka benzer (Şekil 5.1-c). Yarım tur (180 derece)

döndürüldüğünde aynı görünür.

Benzer biçimde daha yüksek dönmeli parçacıklar bir tam turun daha küçük

kesirleri kadar döndürüldüklerinde aynı görünürler. Buraya kadar her şey apaçık

gibi ama şaşırtıcı bir gerçek şu ki, bazı parçacıklar tam bir tur döndürüldükleri

zaman bile aynı görünmezler. Bunun için iki tam tur döndürülmeleri gerekir!

Böyle parçacıklara 1/2-dönmeli parçacık denir.

Evrende bilinen bütün parçacıklar iki sınıfa ayrılabilir: evrendeki maddenin

tümünü oluşturan 1/2 dönmeli parçacıklar ve daha sonra göreceğimiz gibi,

madde parçacıkları arasındaki kuvvetleri doğuran 0, 1, ve 2-dönmeli parçacıklar.

Madde parçacıkları Pauli'nin dışlama ilkesi denen bir ilkeye uyarlar. Bu ilke

1925 yılında Wolfgang Pauli (Pauli) adında bir Avusturyalı fizikçi tarafından

bulundu. Bu buluşuyla 1945 yılında Nobel ödülünü kazanan Pauli her şeyiyle bir

kuramsal fizikçiydi: aynı şehirde bulunmasının bile yapılan deneyin yanlış

sonuçlanmasına yol açtığı söylenir! Pauli'nin dışlama ilkesine göre iki benzer

parçacık aynı duruma sahip olamazlar, yani belirsizlik ilkesinin tanımladığı

sınırlar içinde hem aynı konumda, hem de aynı hızda bulunamazlar. Dışlama

ilkesi, madde parçacıklarının 0, 1 ve 2-dönmeli kuvvet parçacıkları etkisi altında

kalarak neden çok yoğun bir konuma çökmediklerini açıkladığı için çok

önemlidir: şöyle ki, eğer madde parçacıkları birbirine çok yakın konumdalarsa,

aynı hıza sahip olamayacakları için aynı durumda uzun süre kalamayacaklardır.

Eğer dünya, dışlama ilkesi olmadan yaratılsaydı kuvarklar, birbirinden ayrı ve

kesin tanımlı proton ve nötronları oluşturamazdı. Proton ve nötronlar da

elektronlarla birlikte atomları oluşturamazdı. Hepsi, oldukça düzgün, yoğun bir

"çorba" oluşturmak üzere bir araya çökerdi.

Elektronun ve diğer 1/2-dönmeli parçacıkların uygun bir tanımı, 1928 yılında

Paul Dirac tarafından, buna ilişkin bir kuram ortaya konana dek yapılamamıştı.

Paul Dirac daha sonra Cambridge Üniversitesi Matematik bölümünde Lukasgil

Profesörlüğe yükseldi (bir zamanlar Newton'ın, şimdi de benim sahip olduğum

unvan). Dirac'ın kuramı, tanecik mekaniği ve genel görelik kuramının her

ikisiyle de uyumlu olan kendi türünden ilk kuramdı. Elektronun neden 1/2

dönmeli olduğunu, yani neden tam bir tur döndürüldüğünün de aynı

görünmediğini ama ancak iki tam tur döndürüldüğünde aynı göründüğünü

matematiksel olarak açıklamaktaydı. Bu kuram, elektronun, karşıelektron ya da

pozitron denen bir ortağının bulunması gerektiğini de kestirmekteydi. Pozitronun

1932 yılında keşfi, Dirac'ın kuramını doğrulayarak, onun 1933 yılında Nobel

fizik ödülü almasına yol açtı. Şimdi her parçacığın birleşerek yok olacağı bir

karşıparçacığı olduğunu biliyoruz. (Kuvvet taşıyan parçacıkların

karşıparçacıkları ise kendileriyle aynıdır.) Karşıparçacıklardan oluşmuş karşı

dünyalar ve karşıinsanlar olabilir. Ama karşıkendinizle karşılaştığınız zaman

sakın el sıkışmayın, yoksa her ikiniz de bir ışık parıltısı içinde yok olursunuz!

Etrafımızda neden karşıparçacıktan daha çok parçacık olduğu sorusu çok

önemlidir; ona bu bölümde tekrar döneceğim.

Tanecik mekaniğinde madde parçacıkları arasındaki kuvvet etkileşimlerinin

0, 1, ve 2 gibi tam sayı dönmeli kuvvet parçacıkları tarafından taşındığı var

sayılır. Olay şöyle açıklanabilir: elektron ya da kuvark gibi bir madde parçacığı,

bir kuvvet taşıyan parçacık yayınlar. Bu yayınlamanın tepkisi madde

parçacığının hızını değiştirir. Kuvvet taşıyan parçacık daha sonra bir başka

madde parçacığı ile çarpışır ve onun tarafından soğurulur. Bu çarpışma ikinci

parçacığın hızını değiştirir, sanki iki madde parçacığı arasında bir kuvvet varmış

gibi.

Kuvvet taşıyan parçacıkların önemli bir özelliği dışlama ilkesine

uymamalarıdır. Bu, değiş tokuş edilen kuvvet parçacığı sayısının sınırsız olduğu,

böylece çok büyük kuvvetleri doğurabilecekleri anlamına gelir. Kuvvet taşıyan

parçacıkların kütlelerinin büyük olması durumunda, onları yayınlayıp, uzun

mesafeler boyunca değiş tokuş etmek zor olur. Böyle durumlarda taşıdıkları

kuvvetler, kısa menzillidir. Öte yandan, kuvvet taşıyan parçacıkların kendi

kütleleri yoksa uzun menzilli olabileceklerdir. Madde parçacıkları arasında değiş

tokuş edilen kuvvet taşıyan parçacıklara, parçacık detektörü tarafından

algılanamadıkları için "gerçek" parçacıktan farklı olarak "sezilgen" parçacıklar

denir. Onların varolduklarını ölçülebilir etkiler yarattıkları için biliyoruz, yani

onları sezebiliyoruz: madde parçacıkları arasındaki kuvvetleri doğuruyorlar. 0, 1,

ve 2-dönmeli parçacıklar bazı koşullar altında gerçek parçacıklar gibi varolup

doğrudan algılanabilirler. O zaman bize, bir klasik fizikçinin dalga diyeceği

türden, örneğin ışık ya da çekim dalgası gibi görünürler. Madde parçacıkları

birbirleriyle kuvvet taşıyan sezilgen parçacıklar değiş tokuş ederek etkileştikleri

zaman kuvvet taşıyan parçacıklar yayınlanabilir. (Örneğin, iki elektron

arasındaki elektriksel itme, hiçbir zaman algılanamayan sezilgen fotonlardan

dolayıdır; ama elektronlardan biri diğerinin yakınından geçecek olursa, ışık

dalgası biçiminde algılayacağımız gerçek fotonlar yayınlanabilir. )

Kuvvet taşıyan parçacıklar, taşıdıkları kuvvetin büyüklüğüne ve etkileşim

yaptıkları parçacıklara göre dörde ayrılabilirler. Yalnız bunun yapay bir bölünme

olduğunu vurgulamak gerekir. Kısmi kuramların oluşturulması için uygun

gelebilir ama bundan daha derin bir anlam aranmamalıdır. Çoğu fizikçiler,

eninde sonunda bu dört kuvveti tek bir kuvvetin değişik görünüşleri olarak

açıklayabilecek bir kuram bulmayı ümit etmektedirler. Gerçekten, bugün çoğuna

göre fiziğin asıl amacı budur. Yakın geçmişte, bu dört değişik kuvvetten üçünü

birleştirmek üzere başarılı adımlar atıldı; bunları bu bölümde anlatacağım.

Dördüncüsünün, yani çekim kuvvetinin birleştirilmesini ise daha sonraya

bırakacağız.

Bu dört kuvvetin ilki çekim kuvvetidir. Bu kuvvet evrenseldir, yani her

parçacık, kütlesi ve enerjisine bağlı olarak ondan etkilenir. Çekim kuvveti, dört

kuvvetin içinde büyük farkla en zayıf olanıdır; o kadar zayıftır ki, eğer şu iki

önemli özelliği olmasaydı onu hiç duymazdık; büyük uzaklıklardan etki edebilir

ve hiçbir zaman itici olmaz. Bu demektir ki, dünya ve güneş gibi iki büyük

cismin tek tek parçacıkları arasındaki çok zayıf çekim kuvvetleri birbiri üzerine

eklenerek çok belirgin kuvvetler doğurabilir. Diğer üç kuvvet ya kısa menzillidir

ya da bazen çekici bazen itici oldukları için birbirlerinin etkisini yok ederler.

Çekim alanına tanecik gözlükleri arkasından bakarsak, iki madde parçacığı

arasındaki çekim kuvvetinin graviton denen 2-dönmeli bir parçacık tarafından

taşındığını zihnimizde canlandırabiliriz. Bu parçacığın kendine özgü bir kütlesi

olmadığı için taşıdığı kuvvet çok uzun menzillidir. Dünya ile güneş arasındaki

çekim kuvveti, bu iki cismi oluşturan parçacıkların aralarında graviton değiş

tokuşu olarak görülebilir. Değiş tokuş edilen parçacıklar gerçek olmamalarına

karşın ölçülebilir bir etki yaratırlar-dünyanın güneş çevresinde dönmesine neden

olurlar!

Gerçek gravitonlar klasik fizikçi deyimiyle çekim alanlarını doğururlar.

Bunlar o kadar zayıftır ki, henüz algılanamamışlardır.

Kuvvetlerin ikincisi, elektron ve kuvark gibi elektrik yüklü parçacıklarla

etkileşen ama graviton gibi yüksüz parçacıklarla etkileşmeyen elektromanyetik

kuvvetidir. Bu kuvvet çekim kuvvetinden çok daha büyüktür: örneğin, iki

elektron arasındaki elektromanyetik kuvvet, aralarındaki çekim kuvvetinden

yaklaşık bir milyon kere milyon (1'den sonra 42 sıfır) büyüktür. Ayrıca, elektrik

yükü, artı ve eksi olmak üzere iki türlüdür. İki artı yük arasındaki ve iki eksi yük

arasındaki kuvvet iticidir, ama değişik tür yükler arasında bu kuvvet çekici olur.

Dünya ya da güneş gibi büyük bir cisim yaklaşık eşit sayıda artı ve eksi yük

içerir. Böylece, tek tek parçacıklar arasındaki çekici ve itici kuvvetler birbirlerini

hemen hemen götürürler ve geriye çok küçük bir elektromanyetik kuvvet kalır.

Buna karşın, atom ve moleküllerin küçük dünyasında baskın olan,

elektromanyetik kuvvettir. Atom çekirdeğindeki eksi yüklü elektronlarla artı

yüklü protonlar arasındaki elektromanyetik çekim, kütlesel çekim kuvvetinin

dünyayı güneş etrafında döndürmesine benzer biçimde, elektronların atom

çekirdeği etrafında dönmesine neden olur. Elektromanyetik çekimi, foton denen

çok sayıda yüksüz 1- dönmeli sezilgen parçacığın değiş tokuş edilmesi olarak

kafamızda canlandırabiliriz. Yinelersek, karşılıklı değiştirilen bu fotonlar

sezilgen parçacıklardır. Ancak, bir elektron bulunabileceği yörüngelerden birini

terk edip, çekirdeğe yakın bir diğerine geçerse, enerji ortaya çıkar ve bir gerçek

foton yayınlanır. Bu, uygun bir dalgaboyunda ise insan gözüyle ya da fotoğraf

filmi gibi bir foton detektörü ile algılanabilir. Benzer biçimde, gerçek bir foton,

bir atomla çarpışacak olursa, yakın yörüngedeki bir elektronu daha uzak bir

yörüngeye kaydırabilir. Bu olay sırasında enerjisi kullanılan foton soğurulur.

Üçüncü kategori, radyoaktiviteyi doğuran ve bütün 1/2 dönmeli madde

parçacıklarına etkiyen ama foton ya da graviton gibi parçacıklara etkilemeyen

zayıf çekirdek kuvveti denen kuvvetidir. Zayıf çekirdek kuvveti 1967 yılına

kadar tam olarak anlaşılmamıştı, taki Londra Imperial College'dan Abdus Salam

(Salam) ve Harvard'dan Steven Weinberg (Vaynbörg), bu etkimeyi

elektromanyetik kuvvetle birleştiren kuramları, tıpkı Maxwell'in bundan yüz yıl

önce elektrik ve manyetizma kuvvetlerini birleştirmesi gibi, ortaya atıncaya dek.

Salam ve Weinberg fotona ek olarak, topluca "kütleli vektör boson"lar olarak

bilinen ve zayıf kuvveti taşıyan ve üç değişik tür daha 1-dönmeli parçacık

olduğunu önerdiler. Bunlara W + (dabılyu artı), W- (dabılyu eksi), ZO (ze sıfır),

dendi ve her birisinin yaklaşık 100 GeV kütlesi vardı. (GeV kısaca

gigaelektronvolt ya da bir milyar elktronvolt demektir). Weinberg-Salam kuramı

kendiliğinden bakışım bozulması denen bir özellik gösterir. Yani, düşük enerji

düzeylerinde birbirinden tamamen farklıymış gibi görünen parçacıklardır.

Yüksek enerjilerde bütün bu parçacıklar benzer biçimde davranırlar. Bu biraz,

rulet masasındaki rulet bilyesinin davranışına benzer. Yüksek enerjilerde (rulet

tekerleği hızla döndürüldüğünde) bilye esas olarak tek bir biçimde davranırtekerleğin

etrafında döner durur. Ama tekerlek yavaşladıkça bilyenin enerjisi

azalır ve sonunda tekerlekteki otuz yedi tane bölümden biri ne düşer. Başka bir

deyişle, düşük enerjilerde bil yenin bulunabileceği otuz yedi değişik durum

vardır. Eğer, herhangi bir nedenle, bilyeyi sadece düşük enerjilerde

gözlemleyebiliyorsak değişik bilye olduğu sonucunu çıkarabiliriz!

Weinberg-Salam kuramına göre, 100 GeV'un çok üstündeki enerjilerde bu üç

yeni parçacık ve fotonlar aynı biçimde davranırlar. Buna karşın daha çok

karşılaştığımız düşük enerji düzeylerinde ise parçacıklar arasındaki bu bakışım

bozulur. W+, W- ve Zo, büyük kütleler edinerek taşıdıkları kuvvetlerin menzilini

düşürürler. Weinberg ve Salam bu kuramı ortaya attıkları zaman onlara pek

inanan olmadı. Parçacık hızlandırıcıları da henüz, W +, W - ve Zo

parçacıklarının oluşturmak için gerekli 100 GeV enerji düzeylerine ulaşabilecek

kadar güçlü değillerdi. Ama, bundan sonraki on yıl içinde kuramın düşük enerji

düzeyleri için kestirdikleri deneylerle o kadar güzel uyuştu ki, Salam ve

Weinberg'e, elektromanyetik ve zayıf çekirdek kuvvetlerini birleştiren benzer

kuramları öneren Harvard'lı Sheldon Glashow (Glaşov) ile birlikte 1979 Nobel

fizik ödülü verildi. Nobel komitesi 1983 yılında, CERN'de (Avrupa Çekirdek

Araştırma Merkezi) fotonun üç kütleli ortağının, öngörülen kütleleri ve öbür

özellikleri ile uyuşan biçimde ortaya çıkarılışıyla, yapmış olabileceği bir

yanlışlıktan dolayı duyacağı büyük bir utançtan kurtarıldı. Birkaç yüz fizikçiden

oluşan bir ekibe önderlik ederek bu buluşu gerçekleştiren Carlo Rubbia'ya

(Rubia), kullanılan karşıparçacık depolama sistemini geliştiren CERN mühendisi

Simon van der Meyer (Vandenmeyr) ile birlikte 1984 Nobel ödülü verildi.

(Bugünlerde deneysel fizik dallarında kendini göstermek en tepede olmadıkça

çok zor!)

Dördüncü kuvvet, proton ve nötronların içindeki kuvarkları birbirine

bağlayan ve proton ve nötronları atom çekirdeğinde bir arada tutan güçlü

çekirdek kuvvetidir. Bu kuvvetin, gluon denen ve ancak kendisi ve kuvarklarla

etkileşen diğer bir 1-dönmeli parçacık tarafından taşındığı sanılıyor. Büyük

çekirdek kuvvetinin "kapatma" denen tuhaf bir özelliği vardır: buna göre

parçacıklar birbirlerine, her zaman renksiz sonuçlanacak birleşimlerle

bağlanırlar. Örneğin, bir kuvark hiçbir zaman kendi başına bulunamaz, çünkü o

zaman bir renginin olması gerekir (kırmızı, yeşil veya mavi). Bunun yerine,

kırmızı bir kuvark, bir yeşil bir mavi kuvarkla gluonlar dizisiyle bağlanır

(kırmızı+yeşil+mavi=beyaz). Böyle bir üçlü, proton ya da nötronu oluşturur.

Başka bir olası diziliş de kuvark ve karşıkuvark çiftinden oluşur (kırmızı

+karşıkırmızı veya yeşil +karşıyeşil veya mavi+karşımavi= beyaz). Böyle

bileşimlerin ortaya çıkardıkları parçacıklara meson denir. Kuvarklar ve

karşıkuvarklar birbirlerini yok ederek elektron ve diğer parçacıklara

dönüşeceklerinden dolayı mesonlar kararsızdırlar. Kapatma ilkesi, benzer

biçimde gluonların da tek başlarına bulunmalarına izin vermez, çünkü onların da

renkleri vardır. Gluonlar, bu yüzden ancak beyaz rengi doğuracak renk topluluğu

içinde bulunabilirler. Böyle bir topluluk, yapışkantop denen kararsız bir

parçacığı oluşturur.

**Şekil 5.2**

Yüksek enerjili bir proton ve karşıproton çarpışarak, hemen hemen özgür bir

çift kuvark oluşturur.

Kapatma ilkesinin kuvark ya da gluonların yalın biçimde gözlemlenmesine

izin vermemesi, kuvark ve gIuon parçacıkları kavramının tümünü biraz fizikötesi

yapıyor. Ama güçlü çekirdek kuvvetinin sonuşmaz özgürlük denen öyle bir

başka özelliği vardır ki , kuvark ve gluon kavramlarına kesinlik

kazandırmaktadır. Olağan enerji düzeylerinde güçlü çekirdek kuvveti gerçekten

çok kuvvetlidir ve kuvarkları birbirine sıkıca bağlar. Buna karşın büyük

hızlandırıcılarla yapılan deneylerin gösterdiğine göre yüksek enerjilerde bu

kuvvet çok zayıflar ve bundan dolayı kuvark ve gluonlar sanki özgür

parçacıklarmış gibi davranmaya başlarlar. Şekil 5.2 yüksek enerjili proton ve

karşıproton arasındaki çarpışmayı gösteren bir fotoğraftır. Bu çarpışma sonucu

özgür sayılabilecek birkaç kuvark yaratılmış ve resimde görülen izlerin

oluşmasına yol açmıştır.

Elektromanyetik kuvvet ile zayıf çekirdek kuvvetinin başarılı bir biçimde

birleştirilmesi, bu iki kuvvetin güçlü çekirdek kuvvetiyle birleştirilip, büyük

birleşik kuram (BBK) diye adlandırılan yeni bir kuram oluşturma çabalarına yol

açtı. Buna verilen isim oldukça abartmalıdır: sonuçta ortaya çıkan kuramlar ne o

kadar büyüktür, ne de, çekim kuvvetini kapsamadıkları için, tamamen birleşiktir.

Değerleri önceden kuramdan çıkartılamayan ama yapılan deneylere uyacak

biçimde seçilmiş önemli sayıda parametreyi içerdikleri için, kuram olarak

eksiksiz de değillerdir. Her şeye rağmen, bunlar eksiksiz bir birleşik kurama

doğru atılmış adımlar olabilir. BBK'ların dayandığı temel düşünce şudur:

yukarıda sözü edildiği gibi, büyük çekirdek kuvveti yüksek enerjilerde zayıflar.

Öte yandan, elektromanyetik ve zayıf kuvvetler, sonuşmaz özgür olmadıkları

için yüksek enerjilerde kuvvetlenirler. Büyük birleşim enerjisi denen belli birçok

yüksek enerji düzeyinde bu üç kuvvet eşitlenir, böylece tek bir kuvvetin değişik

görünümleri olarak yorumlanabilirler. BBK'lar, bu enerji düzeylerinde kuvark ve

elektron gibi 1/2-dönmeli değişik parçacıkların temel olarak birbirinin aynı

olacağını, böylece bir başka birleşmenin daha elde edileceğini kestirmekteler.

Büyük birleşim enerjisinin değeri pek bilinmiyor ama en azından milyon

kere milyar GeV olması gerektiği tahmin ediliyor. Bugünkü kuşak parçacık

hızlandırıcıları, parçacıkları birbirleriyle ancak yüz GeV düzeyinde

çarpıştırabilmekte ve bunu birkaç bin GeV düzeyine çıkaracak makineler

planlanmaktadır. Ama parçacıkları büyük birleşim enerjisine çıkarabilecek kadar

güçlü bir makinenin güneş sistemi kadar büyük olması gerektiğini biliyoruz,

üstelik bugünkü ekonomik ortamda buna mali kaynak bulmak da pek olanaklı

değil. Bu yüzden büyük birleşim kuramları doğrudan laboratuarlarda

sınayamıyoruz. Elbette aynı elektromanyetik ve zayıf kuvvet kuramlarında

olduğu gibi, bu kuramın da sınanabilecek düşük enerjili sonuçları

bulunmaktadır.

Bunların içinden en ilginci, sıradan maddenin çoğunluğunu oluşturan

protonların kendiliğinden karşı elektron gibi daha hafif parçacıklara

dönüşebileceğinin kuram tarafından öngörülmesidir. Böyle bir olayın

gerçekleşebilmesinin nedeni, büyük birleşim enerjisi düzeyinde bir kuvarkla

karşıelektron arasında bir ayrım olmamasıdır. Protonun içindeki üç kuvarkın

normal olarak karşıelektronlara dönüşecek enerjileri yoktur ama belirsizlik

ilkesine göre bu enerjilere kesin bir değer biçemeyeceğimizden, arada sırada bir

tanesi bu geçimi sağlamaya yetecek kadar enerji kazanabilir. O zaman proton

bozunur. Bir kuvarkın bu iş için yeterli enerji kazanma olasılığı o kadar düşüktür

ki, en azından bir milyon kere milyon kere milyon kere milyon kere milyon yıl

(1'den sonra otuz sıfır) beklememiz gerekir. Bu ise büyük patlamadan bu yana

geçen yaklaşık on milyar yıldan (1'den sonra on sıfır) çok daha uzun bir süredir.

Bundan dolayı kendiliğinden proton bozunmasının hiçbir zaman deneysel olarak

sınanamayacağı düşünülebilir Ama, çok sayıda proton içeren büyük miktarda

maddeyi gözlemleyerek bozunmayı algılama olasılığını artırabiliriz. (Eğer,

örneğin 1'den sonra otuz bir tane sıfır sayıda proton, bir yıl süresince

gözlemlenebilirse, en basit BBK'a göre birden fazla proton bozunmasının

algılanması beklenir.)

Buna benzer birkaç deney sürdürülmüş ama hiçbirinde proton ya da nötron

bozunmasının belirgin kanıtı olacak bir sonuç alınamamıştır. Deneylerden bir

tanesi sekiz bin ton su kullanarak Ohio'daki Morton tuz madeninde

gerçekleştirilmiştir. (Böylece kozmik ışınların neden olduğu, proton

bozunmasıyla karıştırılabilecek diğer olaylardan kaçınılmak istenmiştir.)

Deneyde kendiliğinden proton bozunmasına hiç rastlanmadığı için, protonun

olası yaşam süresinin on milyon yıldan (1'den sonra otuz bir sıfır) daha fazla

olması gerektiği sonucu çıkartılabilir. Bu, en basit BBK'ın kestirdiği yaşam

süresinden daha uzundur; ama biçilen yaşam süresinin daha da uzun olduğu daha

ayrıntılı kuramlar da vardır. Hele onları sınamak için daha da büyük miktarda

madde içeren daha duyarlı deneyler gerekecektir.

Kendiliğinden proton bozunmasını gözlemlemek son derece zor olmasına

karşın, varlığımızın ta kendisi, evrenin başlangıcında en doğal durum olarak

düşünülebileceğimiz kuvarkların karşıkuvarklardan daha fazla olmadığı ilk

durumdan, protonların, ya da daha temelde kuvarkların oluştuğu geriye doğru bir

sürecin sonucu olabilir. Dünya üzerindeki madde başlıca, kendileri kuvarklardan

oluşan proton ve nötronlardan oluşmuştur. Fizikçilerin büyük parçacık

hızlandırıcılarını kullanarak ortaya çıkarttıklarının dışında, karşıkuvarktan

oluşmuş karşıproton ya da karşınötron hiç yoktur. Kozmik ışınlardan elde

ettiğimiz kanıtlara göre, bu yıldız kümemizdeki bütün madde için geçerlidir:

yüksek enerjili çarpışmalarda ortaya çıkan az sayıda parçacık karşıparçacık

çiftlerinin dışında karşıproton ya da karşınötronlara rastlanmaz. Eğer yıldız

kümemizde geniş karşımadde bölgeleri bulunsaydı, parçacıkların, karşı -

parçacıklarla çarpışarak birbirlerini yokedecekleri ve yüksek enerjiyle

ışıyacakları iki bölge arasındaki sınırlardan büyük miktarda ışıma

gözlemlememiz gerekirdi.

Diğer yıldız kümelerindeki maddenin proton ve nötrondan mı, yoksa

karşıproton ve karşınötrondan mı oluştuğuna ilişkin elimizde doğrudan kanıt

yok, ama birinden biri doğru olmalı. Yine çarpışmalardan dolayı çok miktarda

ışıma gözlemlememiz gerekeceği için tek bir yıldız kümesinde ikisinin

karışımının olmasını bekleyemeyiz. Şu halde, tüm yıldız kümelerinin,

karşıkuvark yerine kuvarklardan oluştuklarına inanıyoruz: bazı yıldız

kümelerinde madde, bazılarında ise karşımadde olması pek akla yatkın değil.

Niçin, karşıkuvarklardan çok daha fazla sayıda kuvark olması gerekiyor?

Niçin her ikisinden de eşit sayıda bulunmuyor? Aslında sayılarının eşit olmayışı,

bizim açımızdan çok talihli bir olay, yoksa bütün kuvark ve karşıkuvarklar

birbirilerini yok ederek, geriye madde yerine ışıma dolu bir evren bırakırlardı. O

zaman ne bir galaksi, ne bir yıldız, ne de üzerinde insan yaşamının serpileceği

bir gezegen ortaya çıkamazdı. Neyse ki BBK'lar, evren eşit sayıda kuvark ve

karşıkuvarklarla başlamış olsa bile, kuvarkların şimdi niye daha çok olduğunu

bize açıklıyorlar. Gördüğümüz gibi, BBK'lar yüksek enerjilerde kuvarkların

karşı-elektronlara dönüşebileceğini söylemekteler. Ayrıca geriye doğru süreçlere

de, yani kuvarkların elektronlara, elektron ve karşıelektronların, kuvark ve karşı

kuvarklara dönüşmesine izin verirler. Evrenin daha ilk başlarında, parçacık

enerjilerinin, son derece yüksek ısıdan dolayı bu tür dönüşümlere yol açacak

denli yüksek olduğu bir zaman vardı. Ama bu niçin kuvarkların

karşıkuvarklardan daha çok olmasına yol açsın? Bunun nedeni fizik yasalarının

parçacıklar ve karşıparçacıklar için aynı olmamasında yatmaktadır.

1956 yılına kadar fizik yasalarının, C, P, T denen bakışımların her birine

uyduğu sanılıyordu. C-bakışımı fizik yasalarının parçacık ve karşıparçacıklar

için aynı olduğu anlamına gelmektedir. P bakışımı, yasaların her durum ve onun

aynadaki görüntüsü için aynı olmasıdır (ekseni etrafında sağa dönen bir

parçacığın aynadaki görüntüsü sola dönen bir parçacıktır). T-bakışımı ise, bütün

parçacık ve karşıparçacıkların devinim yönlerini değiştirirseniz dizgenin

başlangıç anlarına dönüleceği anlamına gelir; yani zamanın ileri ya da geri akış

yönünde fizik yasaları aynıdır.

1956'da TsungDai Lee (Li) ve Chen Ning Yang (Yan) adlı iki Amerikalı zayıf

kuvvetin P-bakışımına uymadığını ileri sürdüler. Başka bir deyişle, zayıf

kuvvetin evreni, aynadaki görüntüsünün gelişmesinden daha değişik bir biçimde

geliştirmesi gerekmekteydi. Aynı yıl bir meslektaşları Chien-Shiun Wu (Vu), bu

önermenin doğruluğunu kanıtladı. Bunu, radyoaktif atomların çekirdeklerini

manyetik alanda aynı yönde dönecek biçimde dizerek ve elektronların belli bir

yönde diğer yönden daha çok yayınlandıklarını göstererek gerçekleştirdi. Bunu

izleyen yıl, Lee ve Yang'a düşüncelerinden dolayı Nobel Ödülü verildi. Daha

sonra, zayıf kuvvetin C bakışımına da uymadığı bulundu. Yani,

karşıparçacıklardan oluşmuş bir evrenin bizimkinden daha değişik davranması

gerekmekteydi. Yine de, zayıf kuvvet CP-bileşik bakışımına uyar gibi

görünüyordu. Yani her parçacık kendi karşıparçacığı ile yer değiştirirse, evren

aynadaki görüntüsü gibi gelişmeliydi! 1964 yılında, J.W. Cronin (Kronin) ve Val

Fitch (Fiç) adlı iki Amerikalı, K-meson denen parçacıkların bozunmasının CPbakışımına

bile uymadığını gösterdiler. Cronin ve Fitch sonuç olarak, bu

çalışmalarından dolayı 1980 yılında Nobel Ödülü'nü aldılar. (Evrenin bizim

sandığımız kadar basit olmadığını gösterenlere ne kadar da çok Nobel Ödülü

vermiş!)

Hem tanecik mekaniğine, hem de göreliğe uyan yasaların CPT bileşik

bakışımına da uyması gerektiğini belirten bir matematiksel teorem vardır. Başka

bir deyişle, eğer parçacıklar karşıparçacıklar ile yer değiştirir, evrenin aynadaki

görüntüsü alınır ve zamanın da yönü değiştirilirse evrenin aynı şekilde

davranması gerekir. Buna karşın, Cronin ve Fitch gösterdiler ki, parçacıklar ile

karşıparçacıklar yer değiştirir, daha sonra evrenin aynadaki görüntüsü alınır fakat

zamanın yönü değiştirilmezse, evrenin davranış biçimi aynı olmaz. Şu halde,

zamanın yönü değiştirilirse fizik yasaları da değişmelidir, çünkü bu yasalar Tbakışımına

uymazlar.

Şurası kesin ki, ilk evren T-bakışımına uymuyordu: zaman ileri doğru aktıkça

evren genişlemektedir, eğer geriye aksaydı evren büzülecekti. T-bakışımına

uymayan kuvvetler olduğu için, evren genişledikçe bu kuvvetlerin, elektronların

karşıkuvarklara dönüşmesinden daha çok karşıelektronların kuvarklara

dönüşmesini gerektirdiği sonucu ortaya çıkar. O zaman, evren genişleyip

soğudukça karşıkuvarklar, kuvarklardan daha çok kuvark olduğu için, geriye bir

miktar kuvark kalacaktır. Bugün gördüğümüz ve bizi oluşturan madde işte budur.

Öyleyse bizim varlığımızın ta kendisi, salt niteliksel olsa bile, büyük birleşik

kuramların bir doğrulaması olarak görülebilir; belirsizlikler öyledir ki, geriye

kalan kuvarkların sayısını kestirmek, hatta geriye kalanların kuvark mı yoksa

karşıkuvark mı olacağını söylemek olanaksızdır. (Geriye kalanlar karşıkuvark

olsaydı, kuvarklara karşıkuvark, karşıkuvarkalara da kuvark deyip işin içinden

çıkardık).

Büyük birleşik kuramlar kütlesel çekim kuvvetini içermezler. Bunun pek o

kadar önemi de yoktur, çünkü kütlesel kuvvet o kadar zayıftır ki, temel

parçacıklar ya da atomlarla uğraşırken onun etkisi çoğu kez yok sayılabilir. Ama,

hem uzun menzilli ve hem de hiçbir zaman çekici oluşu, etkilerinin üst üste

ekleneceği anlamına gelir. Bu yüzden, yeterince çok sayıda parçacık için kütlesel

çekim kuvveti diğer kuvvetlerden baskın olabilir. Evrenin evrimini belirleyenin

kütlesel çekim kuvveti olmasının nedeni budur. Yıldız büyüklüğündeki nesneler

için bile kütlesel kuvvetin çekimi diğer kuvvetlere baskın çıkarak yıldızın kendi

üstüne çökmesine neden olabilir. Benim 1970'lerdeki çalışmam böyle yıldız

çökmelerinden oluşan kara delikler ve onların etrafındaki yoğun kütlesel çekim

alanı üzerinde odaklanmıştı. Bizi tanecik mekaniğinin ve genel göreliğin

birbirlerini nasıl etkilediklerinin ilk ipuçlarına, daha ileride çekimin tanecik

kuramına kısa bir göz atışa götürecek olan işte buydu.

**6 Kara Delikler**

"Kara delik" terimi oldukça yenidir. İlk kez 1969'da Amerikalı bilimci John

Wheeler (Whillır) tarafından, en az iki yüzyıl öncesine dayanan bir düşüncenin

görsel tanımı için ortaya atılmıştır. O eski zamanlarda ışığa ilişkin iki kuram

vardı: biri Newton'ın desteklediği, ışığın parçacıklardan oluştuğu yolundaki

kuram, öteki ise dalga kuramı. Şimdi her iki kuramın da doğru olduğunu

biliyoruz. Tanecikler mekaniğinin dalga/parçacık ikiliğine göre, ışık hem dalga

hem de parçacık olarak ele alınabilir. Işığın dalgalardan oluştuğu yolundaki

kurama göre, kütlesel bir çekim kuvveti etkisi altında ışığın nasıl davranacağı

açık değildir. Ama ışık, parçacıklardan oluşmuşsa, bir top güllesi, roket ya da

gezegenler gibi çekimden etkilenmesini bekleyebiliriz. İlkin ışık parçacıklarının

sonsuz hızda gittiği ve böylece çekim kuvvetinin onları yavaşlatamayacağı

düşünüldü, ancak Roemer'in ışığın sonlu hızda gittiğini bulmasıyla çekimin

önemli bir etkisi olacağı ortaya çıktı.

Bu varsayım üzerine, Cambridge'de hoca olan John Michell (Miçıl) 1738'te

Londra Krallık Derneği'nin Felsefe Yazışmaları dergisindeki makalesinde,

yeterince kütlesi olan yoğun bir yıldızın, ışığın ondan kaçamayacağı şiddette bir

çekim alanı olacağına işaret etti. Yıldızın yüzeyinden çıkacak herhangi bir ışık,

daha pek çok uzaklaşmadan yıldızın kütlesel çekimiyle geri dönecekti. Michell,

bu türden çok sayıda yıldız olabileceğini öne sürdü. ışıkları bize

ulaşamayacağından onları göremesek de kütlesel çekimlerini algılayabilecektik.

Böyle nesnelere bugün kara delik diyoruz çünkü gerçekten ve uzayda kara

boşluklar onlar. Benzeri bir sav, birkaç yıl sonra Fransız bilimcisi Marki Laplace

tarafından, anlaşıldığı kadarıyla Michell'dan bağımsız olarak öne sürüldü. Çok

ilginçtir ki bu, Laplace'ın Dünyanın Düzeni adlı kitabının yalnızca ilk iki

basımında yer aldı. Laplace, daha sonraki basımlardan bunu çıkardı; belki de bir

deli saçması olduğuna karar vermiştir. (Ayrıca ışığın parçacık kuramı on

dokuzuncu yüzyılda gözden düştü; her şey dalga kuramıyla açıklanabilecek

gibiydi ve dalga kuramına göre ışığın çekim kuvvetinden etkileneceği pek açık

değildi.)

Aslında, Newton'ın çekim kuramında ışığı top gülleleri olarak ele almak pek

de tutarlı değil, çünkü ışığın sabit bir hızı var. (Yeryüzünden yukarı doğru

attığımız top güllesi yerçekimi etkisiyle yavaşlayacak ve sonunda durup geri

düşecektir; oysa bir foton, yukarı doğru sabit bir hızla gideduracaktır. O halde

Newtoncıl çekim, ışığı nasıl oluyor da etkilemiyor?) Kütlesel çekim kuvvetinin

ışığı etkilemesini açıklayan tutarlı bir kuram, Einstein 1915'te genel göreliği

ortaya atıncaya dek bulunamadı. Hele, kuramın büyük yıldızlara ilişkin

öngörülerinin anlaşılabilmesi için daha çok zaman geçmesi gerekti.

Bir kara deliğin nasıl oluşabileceğini anlamak için, ilkin bir yıldızın yaşam

döngüsüne ilişkin bilgi edinmemiz gerekir. Bir yıldızın oluşumu, büyük bir

miktar gaz (çoğunlukla hidrojen gazı) kütlesel çekim kuvveti etkisinde kendi

üstüne çökmesiyle başlar. Gaz kütlesi büzüştükçe, atomları gittikçe daha sık ve

daha büyük hızlarla birbirlerine çarpar ve böylece gaz ısınır. Sonunda gaz öyle

sıcak olur ki, hidrojen atomları çarpışınca sıçrayacakları yerde birleşerek helyum

atomları oluştururlar. Denetim altında patlatılan bir hidrojen bombasına

benzeyen bu reaksiyonda salınan ısı, yıldıza parlaklığını verir. Bu fazladan ısı

aynı zamanda gazın basıncını artırarak, çekim kuvvetini dengeler ve gazın

büzüşmesi durur. Bu, biraz balonu andırır-balonu genleştirmek isteyen içindeki

havanın basıncı ile balonu küçültmek isteyen lastiğin gerilimi arasında bir denge

vardır. Yıldızlar, çekirdek reaksiyonu ısısının kütlesel çekimi dengelediği bu

kararlı durumda çok uzun süre kalırlar. Ancak giderek yıldız hidrojen ve öteki

çekirdek yakıtlarını harcayıp bitirir. Bunun nedeni ise, yıldız ne kadar büyükse,

bununla orantılı olan kütlesel çekim kuvvetini dengelemek için o kadar çok

sıcaklığa gerek duyar. Ve sıcaklığı yüksek tutmak için de yakıtını daha çabuk

harcar. Güneşimizin daha yaklaşık beş milyar yıl yetecek kadar yakıtı var

herhalde, ama daha büyük yıldızlar yakıtlarını evrenin yaşından çok daha az bir

sürede, yüz milyon yılda bitirebilirler. Yıldızın yakıtı bitince soğumaya ve

büzüşmeye başlar. İşte o zaman başına ne geleceği ancak 1920'lerin sonunda

anlaşılabildi.

1928 yılında Hindistanlı öğrenci Subrahmanyan Chandrasekhar

(Candrasekard), Cambridge'de genel görelik uzmanı olan Britanyalı gökbilimci

Sir Arthur Eddington'ın (Edingtın) yanında doktora yapmak üzere İngiltere’ye

yelken açtı. (Bazı tanıklara göre, 1920'lerin başında bir gazeteci Eddington'a,

duyduğuna göre, dünyada genel görelik kuramından anlayan yalnızca üç kişi

olduğunu söylemiş. Eddington önce bir duraklamış, sonra da "Üçüncünün kim

olduğunu anımsamaya çalışıyorum" demiş). Hindistan'dan yolculuğu sırasında

Chandrasekhar, bir yıldızın yakıtını kullanıp bitirdikten sonra, kendi çekimiyle

çökmeden ayakta durabilmesi için ne büyüklükte olması gerektiğini

hesaplamaya çalıştı. Düşüncesi şuydu: yıldız küçülünce, madde parçacıkları

birbirlerine çok yaklaşırlar ve Pauli dışlama ilkesine göre, hızları birbirinden çok

farklı olmalıdır. Bu da parçacıkları birbirinden uzaklaştırır ve yıldızı

genleştirmeye çalışır. Şu halde yıldız, yaşamının daha önceki döneminde kütlesel

çekimi ısı ile dengelediği gibi, kütlesel çekimi bu kez dışlama ilkesinden doğan

itimli dengeleyerek kendini sabit bir çapta tutabilir.

Fakat Chandrasekhar, dışlama ilkesinin sağlayabileceği itimin de bir sınırı

olacağının farkına vardı. Görelik kuramı, yıldızın içindeki madde parçacıklarının

hızları arasındaki farkı ışık hızıyla sınırlıyordu. Bu demekti ki, yıldız

yoğunlaşınca dışlama ilkesinin neden olduğu itim, kütlesel çekimden az olacaktı.

Chandrasekhar, kütlesi güneşinkinin bir buçuk katından fazla olan soğuk bir

yıldızın kendi çekim kuvvetine karşı duramayacağını hesaplayarak buldu. (Bu

kütle Chandasekhar sınırı olarak bilinir.) Benzeri bir bulguya, hemen hemen aynı

zamanlarda Rus bilimcisi Lev Davidovich Landau (Lando) vardı.

Bu, büyük yıldızların yazgısının sonuna ilişkin önemli önermeler getiriyordu.

Kütlesi Chandasekhar sınırının altında ise, yıldız büzülmeyi durdurup sonunda

yarıçapı birkaç bin kilometre ve yoğunluğu santimetre küp başına onlarca ton

olan bir "beyaz cüce" durumunda karar kılabilecekti. Beyaz cüce, maddesindeki

elektronların arasındaki dışlama ilkesi itimiyle ayakta durur. Bu beyaz cüce

yıldızlardan pek çok sayıda gözlemleyebiliyoruz. tık bulunanlardan biri de

geceleri gökyüzünün en parlak yıldızı Sirius'un çevresinde dönen bir yıldız.

Landau, yıldız için bir başka olanaklı son durum olacağına işaret etti. Bu

durumda yıldız, güneşinkinin bir iki katı kütleye sahip olmakla birlikte, beyaz

cüceden çok daha küçük olacaktı. Böyle bir yıldız, elektronlar arasında değil de

nötron ve protonlar arasındaki dışlama ilkesi itimi sayesinde ayakta duracaktı.

Bundan ötürü nötron yıldızı olarak adlandırılan bu yıldızın çapı yalnızca 30

kilometre kadar ve yoğunluğu da santimetreküp başına on milyonlarca ton

olacaktı. Bu öngörüde bulunulduğu zamanlarda, uygun bir gözlem yöntemi

olmadığı için nötron yıldızları ancak çok sonraları ayırt edilebildiler.

Öte yandan, kütleleri Chandrasekhar sınırının üstünde olan yıldızlar

yakıtlarının sonuna geldiklerinde çok büyük bir sorunla karşı karşıyaydılar. Bazı

durumlarda ya patlayarak ya da yeterince maddeyi fırlatıp atarak kütlelerini

sınırın altına düşürecekler ve böylece çekimsel çöküntü afetini savuşturmuş

olacaklardı; ancak bunun yıldız ne denli büyük olursa olsun böyle olacağına

inanmak pek zordu. Bir kez, yıldız fazla kilolarını atması gerektiğini nereden

bilecekti? Haydi her yıldız çöküntüden kaçınmak için yeterince kütleden

kurtulmayı becermiş olsun, bir beyaz cüce ya da nötron yıldızına, sınırın üstüne

çıkaracak kadar kütle eklediğinizde ne olacaktı? Çökerek sonsuz yoğunluğa mı

ulaşacaktı? Eddington bu önerme karşısında dehşete düştü ve Chandrasekhar'ın

sonuçlarına inanmayı reddetti. Eddington'ın düşüncesine göre bir yıldız nokta

kadar küçülüveremezdi. Çoğu bilimcilerin görüşü de bu yöndeydi. Einstein bile

yazdığı bir makalede yıldızların sıfır büyüklüğe inemeyeceğini ileri sürdü. Öteki

bilimcilerin, özellikle eski öğretmeni ve yıldızların yapısı üzerinde en başta

gelen bilirkişi Eddington'ın saldırganlığı, Chandrasekhar'ı bu konu üzerinde

çalışmaktan vazgeçirdi . Dikkatini yıldız kümelerinin devinimi gibi başka

gökbilimi sorunlarına yöneltti. Ama 1983 'te kendisine verilen Nobel ödülü hiç

olmazsa bir ölçüde, soğuk yıldızların sınır kütlesi üzerindeki bu ilk

çalışmalarından ötürüydü.

Chandrasekhar dışlama ilkesinin, kütlesi Chandrasekhar sınırından fazla olan

bir yıldızın çökmesini durduramayacağını gösterdi. Ama böyle bir yıldıza genel

görelik uyarınca ne olacağı sorusunu ilk kez 1939'da genç Amerikalı Robert

Oppenheimer (Opınhaymır) yanıtladı. Ancak vargıları, o günün teleskopları ile

ayırt edilebilecek gözlemsel sonuçlar olamayacağını öneriyordu. Sonra İkinci

Dünya Savaşı araya girdi ve Oppenheimer'ın kendisi atom bombası projesine

gark oldu. Savaştan sonra çekimsel çöküm büyük ölçüde unutuldu, çünkü

bilimciler atom ve çekirdeği ölçeğinde olup bitenlere daldılar. Ancak 1960'larda

çağdaş teknolojinin uygulanması sonucu gökbilimsel gözlemlerin sayıca ve

kapsamca artmasıyla, büyük ölçekli gökbilimi ve evrenbilimi sorunlarına ilgi

yeniden uyandı. Oppenheimer'ın çalışmaları da birçok kişi tarafından yinelendi

ve daha ileri götürüldü.

Openheimer'ın çalışmasından edindiğimiz görüş bugün şöyle açıklanabilir:

yıldızın kütlesel çekim alanı, ışık ışınlarının uzay-zaman içindeki yollarını,

yıldızın varolmadığı duruma göre, değişikliğe uğratır. Uçlarından yayılan ışık

demetlerinin uzay ve zaman içinde izlediği yolu gösteren ışık konileri, yıldızın

yüzeyine yaklaşınca içeriye doğru bükülürler. Bu güneş tutulması sırasında

gözlemlenen uzak yıldızlardan gelen ışığın sapmasında görülür.

**Şekil 6.1**

Yıldız büzüştükçe, yüzeyi yakınındaki çekim alanı gittikçe şiddetlenir ve ışık

konileri daha çok bükülürler. Bu da ışığın yıldızdan kaçmasını zorlaştırır ve

uzaktaki bir gözlemciye göre ışık daha sönük ve kızılımtrak görünür. Sonunda

yıldız belli bir kritik çapın altına düşünce yüzeydeki çekim alanı o denli şiddetli

ve ışık konisi o denli bükük olur ki, artık ışık kaçamaz (Şekil 6.1), Görelik

kuramına göre hiçbir şey ışıktan hızlı gidemeyeceğinden, eğer ışık kaçamıyorsa,

hiçbir şey kaçamaz; her şey, kütlesel çekimin etkisiyle geriye döner. O halde

öyle birtakım olaylar, uzay-zamanının öyle bir bölgesi vardır ki, ondan kaçılıp

uzaktaki bir gözlemciye ulaşılamaz. Bugün kara delik dediğimiz işte böyle bir

bölgedir. Kara delikten çıkmayı kıl payı başaramayan ışık ışınlarının yollarının

kesiştiği sınıra ise olay ufku denir.

Bir yıldızın çökerek kara bir delik oluşturmasını izlerken ne göreceğinizi

anlayabilmeniz için, görelik kuramında mutlak bir zaman olmadığını

anımsamanız gerekir. Yıldızın üzerindeki birine göre zaman, uzaktaki birine

göre olandan başkadır, yıldızın kütlesel çekim alanı nedeniyle. Diyelim ki çöken

bir yıldızın üzerinde, onunla birlikte çökmekte olan gözüpek bir astronot,

kolundaki saatten, yıldızın etrafında bir yörüngede dönmekte olan uzay gemisine

her saniye bir işaret gönderiyor. Belirli bir saatte, örneğin tam 11'de, yıldız,

kütlesel çekim alanının artıp hiçbir şeyin kaçamayacağı kritik çapın altına inecek

ve astronotun işaretleri gemiye ulaşamayacak olsun. Saat 11'e yaklaştıkça, uzay

gemisinde bekleşen arkadaşları astronottan art arda gelen işaretler arasındaki

sürenin gittikçe uzadığını fark edecekledir. Ama bu uzama 10:59:59'dan önce

pek az olacaktır. Astronot'un 00:59:58 işareti ile, saat bir saniyeden biraz fazla

bir süre geçecek ama 11:00 işareti için arkadaşlarının sonsuza dek beklemeleri

gerekecektir. Yıldızın yüzeyinden 10:59:59 ile 11:00 arasında astronotun

saatinden çıkan ışık, uzay gemisinden görüldüğü kadarıyla sonsuz bir zaman

aralığına yayılmış olacaktır. Ardışık dalgaların uzay gemisine varışları

arasındaki süreler uzadıkça uzayacak, ve böylece yıldızın ışığı gittikçe daha

sönük ve daha kırmızı gözükecektir. Sonunda yıldız o kadar sönük bir duruma

gelecektir ki, uzay gemisinden görülemeyecek ve ardında kalan yalnızca bir kara

delik olacaktır. Oysa yıldız, kara deliğin yörüngesinde dönmeyi sürdüren uzay

gemisine aynı çekim kuvvetini uygulamayı sürdürecektir.

Ancak bu senaryo tümüyle gerçekçi değil, şu sorundan ötürü: Yıldızın

yerçekimi uzaklıkla azalır; şu halde gözüpek astronotumuzun kafasını etkileyen

çekim kuvveti, ayaklarını etkileyenden her zaman daha azdır. Kuvvetler

arasındaki fark astronotumuzu makarna gibi çekip uzatacak ya da ikiye

bölecektir, daha yıldız olay ufkunun oluştuğu kritik çapa ulaşamadan! Yine de,

kara delikleri oluşturmak üzere kütlesel çekim çökümüne uğrayabilecek, örneğin

yıldız kümelerinin merkez bölgeleri gibi, çok daha büyük nesneler bulunduğuna

inanıyoruz. Bunların üstündeki bir astronot kara delik oluşumundan önce

parçalanmayacaktır. Hatta, kritik çapa erişirken hiçbir tuhaflık duymayacak ve

dönüşü olmayan noktayı geçtiğinin bile farkında olmayabilecektir. Ancak çökme

birkaç saat daha ilerledikçe, kafası ve ayakları arasındaki çekim farkı yine o

denli şiddetli olacaktır ki, parçalanmaktan kurtulamayacaktır.

Roger Penrose ile birlikte 1965 ve 1970 arasında yaptığımız çalışmalar

gösterdi ki, genel görelik kuramına göre kara deliğin içinde sonsuz yoğunlukta

bir tekillik ve uzay-zaman eğriliği olması gerekir. Bu, zamanın başlangıcındaki

büyük patlamaya benzer; yalnız bu, çöken cisimle birlikte astronot için de

zamanın sonu olacaktır. Bu tekillikte bilim yasaları ve geleceği kestirebilme

olanağımız yokolacaktır. Ama kara deliğin dışında kalan bir gözlemci bu

hesaplayabilme başarısızlığından etkilenmeyecektir, çünkü tekillikten ne ışık ne

de başka herhangi bir şey ona ulaşamayacaktır. Bu olağanüstü gerçek karşısında

Roger Penrose, 'Tanrı çıplak bir tekil noktadan utanır" tümcesiyle

özetlenebilecek kozmik sansür önermesini ortaya attı. Bir başka deyişle,

çekimsel çökümün oluşturduğu tekillikler, ancak, dışarıdaki gözlerden bir olay

ufkunun ardında namuslu bir biçimde gizlenebilecekleri, kara delikler gibi

yerlerde olabilirler. Tam anlamıyla, buna zayıf kozmik sansür önermesi denir.

Kozmik sansür, kara deliğin dışında kalan gözlemcileri tekillik bölgesinde

hesaplanabilirliğin yokolmasının acı sonuçlarından korur, ama deliğe düşen

zavallı bahtsız astronot için bir şey yapamaz.

Genel görelik denklemlerinin bazı çözümlerine göre astronotumuzun çıplak

tekilliği görmesi olanaklıdır. Tekilliğe çarpacağına, bir dehlizden geçerek

evrenin bir başka bölgesinde bulabilir kendini. Bu, uzay ve zamanda yolculuk

için büyük fırsatlar yaratacak gibiyse de ne yazık ki bu çözümlerin tümü de son

derece kararsızdır, yani, en küçük bir dış etki, örneğin bir astronotun varlığı

durumu değiştirebilir. Böylece astronot tekilliğe çarpıncaya, yani sonu gelinceye

dek onu göremez. Bir başka deyişle, tekillik daima astronotun geleceğinde kalır,

asla geçmişinde olamaz. Kozmik sansür önermesinin kuvvetli anlatımı ise şunu

belirtir: Gerçekçi bir çözümde, tekillikler ya tümüyle gelecektedirler (çekimsel

çökümdeki tekillikler gibi), ya da tümüyle geçmiştedirler (büyük patlama gibi).

Sansür önermesinin şu ya da bu biçimde geçerli oluşuna büyük umut

bağlanmaktadır, çünkü böylece çıplak tekilliklerin yakınında geçmişe yolculuk

yapılabilecektir. Bu bilimkurgu yazarları için pek güzelse de, herkesin yaşam

güvenliğini ortadan kaldırabilir. Biri geçmişe dönüp, daha siz doğmadan

annenizi babanızı öldürebilir!

Kaçılması olanaksız uzay-zaman bölgesinin sınırı olan olay ufku kara deliği

çevreleyen tek yönlü bir zar gibidir. Gafil astronotlar gibi şeyler ufuk olayından

geçip kara deliğe düşebilirler ama hiçbir şey olay ufkundan geçerek kara

delikten çıkamaz. (Unutmayın ki olay ufku, kara delikten çıkmaya çabalayan

ışığın uzay-zamanda izlediği yoldur, ve hiçbir şey ışıktan hızlı gidemez.) Olay

ufku için Dante'nin (Dante) cehennemin kapısında söyledikleri geçerlidir: "Ey

buradan içeri giren, tüm umudunu geride bırak." Olay ufkundan içeri düşen

herkes ve her şey, kısa bir sürede sonsuz yoğunluk bölgesine ve zamanın sonuna

ulaşır.

Genel görelik kuramı, devinen ağır cisimlerin, uzayın eğriliği içinde ışık

hızıyla yol alan dalgalanmalar biçiminde kütlesel çekim dalgaları yayınına neden

olacağını öngörmektedir. Bunlar elektromanyetik alanın dalgalanmaları olan ışık

dalgalanmalarına benzer fakat ayırt edilmeleri çok daha zordur. Işık gibi,

kendisini yayınlayan nesnelerden enerji alıp götürürler. Şu halde büyük

kütlelerden oluşmuş bir sistemin zamanla durağanlıkta karar kılması beklenilir,

çünkü her türlü devinimin enerjisi, çekim dalgalarının yayınlanmasıyla uzaklaşıp

gidecektir. (Suya atılan mantar gibi; mantar önce iner çıkar, ama yayılan halkalar

enerjisini uzağa taşıdıkça devinimi azalır ve sonunda durağanlaşır.) Örneğin,

dünyanın güneş etrafındaki yörüngede dönmesi çekim dalgaları üretir. Enerji

yitiminin etkisiyle dünyanın yörüngesi değişecek, gittikçe güneşe yaklaşacak ve

sonunda dünya güneşe çarpıp duracaktır. Dünya ve güneş örneğinde enerji

yitiminin hızı çok düşüktür-küçük bir elektrikli ısıtıcıyı çalıştırmaya ancak yeter.

Bu demektir ki, dünyanın güneşe çarpması için daha yaklaşık milyon kere

milyon kere milyon kere milyar yıl var, şimdiden endişelenmeye gerek yok!

Dünyanın yörüngesindeki değişiklik gözlenemeyecek denli azdır, ama aynı etki

son birkaç yıl içinde PSR-1913+16 sisteminde gözlendi. (PSR, "pulsar" yani

düzenli radyo dalgaları yayınlayan özel bir nötron yıldızı türüdür.) Bu sistem

birbiri etrafında dönen iki nötron yıldızından oluşur. Çekim dalgaları

yayınlanması sonucu yitirilen enerji, iki yıldızın birbirlerine yaklaşmalarına

neden olur.

Bir kara delik oluşturmak üzere olan yıldızın çekimsel çökümü sırasında

devinimler çok daha çabuk olacağından, enerjinin taşınma hızı da çok daha fazla

olacaktır. Şu halde yıldızın durağanlığa ulaşması için çok zaman geçmesi

gerekmeyecektir. Bu son aşama nasıl bir şey olacaktır? Bunun, yıldızı oluşturan

bileşik yapıya yalnızca kütlesi ve dönme hızı değil, yıldızın içindeki gazların

karmaşık devinimlerine- bağlı olacağı düşünülebilir. Ve kara delikler de çöküp

onları oluşturan cisimler kadar çeşitliyse, kara deliklere ilişkin genel önergelerde

bulunmak çok zor olabilir.

Ancak 1967'de kara deliklere ilişkin çalışmalar (Berlin'de doğup Güney

Afrika'da büyümüş ve doktora derecesini İrlanda'da almış) Kanadalı bilimci

Werner Israel (İzriyıl) tarafından kökten değişikliğe uğratıldı. Israel, dönmeden

duran kara deliklerin genel görelik kuramına göre çok basit yapıda olmaları

gerektiğini gösterdi. Kara delik, çapı kütlesine bağlı olan tam bir küre

biçimindeydi ve kütleleri eşit olan herhangi iki kara delik birbirinin tıpatıp aynı

olmalıydı. Hatta, Einstein denklemlerinin 1917'den beri bilinen, Karl

Schwarzschild (Şvartzşild) tarafından genel görelik kuramının ortaya çıkışından

kısa bir süre sonra bulunmuş bir özel çözümü ile tanımlanabilirdi. İlkin birçok

kişi, Israel'in kendisi bile, kara delik tam bir küre olduğundan, ancak tam küre

biçiminde bir cismin çökmesiyle ulaşabileceğini savundu. Gerçek bir yıldız -tam

bir küre olamayacağına göre- çökünce olsa olsa bir çıplak tekillik

oluşturabilirdi.

Ancak, Israel'in bulduğu sonuçların, özellikle Roger Penrose ve John

Wheeler tarafından savunulan bir başka yorumu vardı. Bu yorumda, yıldızın

çöküşü sırasındaki hızlı devinimlerin, yaydığı çekim dalgalarıyla yıldızı gittikçe

tam bir küreye benzeteceği ve böylece durağan hale gelince yıldızın tam bir küre

olacağı savlanıyordu. Bu görüşe göre, dönmeyen herhangi bir yıldız, biçimi ve iç

yapısı ne denli karmaşık olursa olsun, çekimsel çöküm sonunda, çapı yalnızca

kütlesine bağlı tam bir küresel kara delikte son bulacaktı. Daha sonra yapılan

hesaplar da bu görüşü doğruladı ve kısa bir sürede herkesçe benimsendi.

Israel'in bulduğu sonuç yalnızca dönmeyen yıldızlardan oluşan kara delikler

içindi. 1963'te Roy Kerr (Kör) adlı bir Yeni Zelandalı, dönen kara delikleri

tanımlayan genel görelik denklemlerine bir çözümler takımı buldu. Büyüklükleri

ve biçimleri yalnızca kütleleri ve dönme hızına bağlı olan bu "Kerr" kara

delikleri, değişmeyen bir hızda dönmekteydiler. Dönme hızı sıfırsa kara delik

tam küre biçiminde olacaktı; bu çözüm Schwarzschild'in çözümünün aynıydı.

Dönme hızı sıfırdan farklıysa, kara delik (dünya ve güneş) ekvatorun yakınında

şişkin olacaktı ve dönüş hızı arttıkça şişkinlik de artacaktı. lsrael'in sonucunun

kapsamına dönen kara delikleri de içine alacak biçimde genişletmek üzere,

çöküp bir kara delik oluşturan herhangi bir cismin eninde sonunda Kerr çözümü

ile belirlenen durağan bir durumda karar kılacağı böylece varsayıldı.

1970'de Cambridge'de araştırma yapan öğrencinin ve çalışma arkadaşım

Brandon Carter (Kartır) bu varsayımı kanıtlamak için ilk adımı attı. Yerinde

dönen bir kara deliğin, fır fır dönen bir topaç gibi bir bakışım ekseni varsa,

boyutu ve biçiminin yalnızca kütlesi ve dönme hızına bağlı olacağını gösterdi.

Daha sonra 1971'de ben, aynı yerde dönen bir kara deliğin gerçekten bir bakışım

ekseni bulunacağını kanıtladım. Son olarak 1973'te Londra'da Kings College'dan

David Robinson (Rabinsın) Carter'la benim sonuçlarımızı kullanarak varsayımın

doğruluğunu gösterdi; böylece bir kara delik gerçekten de Kerr çözümü

olmalıydı. Böylece; çekimsel çökümden sonra kara delik düzgün bir dönme

deviniminde karar kılmalıydı. Ayrıca, büyüklüğü ve biçimi çökerek onu

oluşturan cismin doğasına değil, yalnızca kütlesi ve dönme hızına bağlı

olmalıydı. Bu sonuç "Kara deliğin saçı yoktur" deyişiyle bilinir oldu. "Saçsızlık"

kuramı uygulamadan büyük önem taşımaktadır, çünkü olanaklı kara delik

çeşitlerini büyük ölçüde sınırlamaktadır. Böylece içinde kara delik olabilecek

nesnelerin ayrıntılı modeli yapılabilecek ve modellerin öngörüleri, gözlemlerle

karşılaştırılabilecektir. Bu, aynı zamanda, çöktüğü zaman cisme ilişkin

özelliklerin hemen hepsinin yiteceği anlamına gelir. Çünkü daha sonrasında

cisme ilişkin ölçebileceğimiz şeyler, topu topu kütlesi ve dönme hızıdır. Bunun

önemini gelecek bölümde göreceğiz .

Kara delikler, gözlemlerle doğruluğu tanıtlanmadan önce bir matematiksel

model olarak ayrıntılı bir kuramın geliştirildiği, bilim tarihinde sayılı bir iki

olaydan biridir. Gerçekten de bu, kara deliklere karşı çıkanların başlıca savı

olmuştur. Tanıtı yalnızca, doğruluğu kuşkulu genel görelik kuramına dayalı

hesaplar olan nesnelere nasıl olur da inanılabilirdi? Ancak 1963'te Palomar

Gözlemevinde gökbilimci Maarten Schmidt (Şmit) 3C273 adlı radyo dalgaları

kaynağı (yani 3. Cambridge radyo kaynakları kataloğunda 273 numaralı kaynak)

yönünde zayıf bir yıldızsı cismin kırmızıya kaymasını ölçtü. Kütlesel bir çekim

alanının neden olamayacağı denli büyüktü ölçtüğü, kütlesel bir kırmızıya kayma

olayıydı. Cisim o denli büyük ve bize o denli yakın olmalıydı ki, Güneş

Sistemi'ndeki gezegenlerin yörüngelerini bozması gerekirdi. Bu, kırmızıya

kaymanın evrenin genişlemesinden ötürü olduğunu akla getiriyordu, demek ki

nesne çok. uzaklardaydı. Ve o kadar uzaktan görülebilmesi için de çok parlak, ya

da bir başka deyişle, müthiş miktarda enerji yayıyor olmalıydı. Böylesine büyük

miktarda enerji üretebilecek düzenek, yalnızca tek bir yıldızın çökmesi değil,

ama bir yıldız kümesinin özek bölgesinin tamamı olsa gerekti. Kırmızıya

kaymaları büyük olan çok sayıda benzeri "kuvasar" yani yıldızsı nesneler

bulunmuştu. Ama hepsi de çok uzaktaydı ve bundan ötürü kara deliklerin kesin

kanıtı için gözlenmeleri oldukça zordu.

1967'de Cambridge'de araştırma öğrencisi Jocelyn Bell 'in (Bel) gökyüzünde

düzenli radyo dalgası darbeleri yayınlayan nesneler bulmasıyla, kara deliklerin

varlığı ile ilgili yeni umutlar uyandı. Önce Bell ve denetçisi Antony Hewish

(Huviş) yıldız kümesindeki bir yabancı uygarlıkla iletişim kurmuş

olabileceklerini sandılar! Gerçekten de buluşlarını açıkladıkları seminerde,

buldukları ilk dört kaynağa LGM 1-4 (Little Green Men -Küçük Yeşil Adamlar)

adlarını koyduklarını anımsıyorum. Ancak sonunda herkes gibi onlar daha az

romantik bir vargıya ulaştılar: pulsar adı verilen bu nesneler aslında, manyetik

alanları ve kendilerini çevreleyen maddeler arasındaki karmaşık etkileşimden

dolayı radyo dalgası darbeleri yayınlayan döner nötron yıldızlarıydı. Bu, uzay

kovboy öyküleri yazanlar için kötü haberdi ama o zamanlar kara deliklere inanan

sayılı kişiler olan bizler için umut vericiydi. Nötron yıldızlarının varlığı için ilk

olumlu kanıttı bu. Nötron yıldızının çapı 30 km kadar, yani yıldızın kara delik

durumuna geldiği çapın yalnızca birkaç katıdır. Yıldız büzülerek bu denli

küçülebilmişse, başka yıldızların daha da küçülüp kara delik olacaklarını

beklemek pek de mantıksız olamazdı.

Tanımı gereği hiçbir ışık yaymayan bir kara deliği ayırt etmeyi nasıl

bekleyebilirdik? Bu biraz kömürlükte kara kedi aramak gibi değil mi? Neyse ki

bir yolu var. John Michell'in 1783'teki öncü makalesinde işaret ettiği gibi, kara

delik, yakınındaki nesnelere çekim kuvvetini uygulamayı sürdürür.

Gökbilimciler, iki yıldızın kütlelerinin çekimiyle birbiri etrafında döndüğü pek

çok sistem gözlemlemişlerdir. Bunun yanı sıra, görünmez bir arkadaşın etrafında

dönen tek bir görünür yıldızın oluşturduğu sistemler de gözlemlenmiştir. Elbette

bundan hemen bu arkadaşın bir kara delik olduğu sonucuna varılamaz; belki de

görünemeyecek denli sönük bir yıldızdır. Ancak bu sistemlerden bazısı, Cygnus

X-1 (Signıs Eks-van) (Şekil 6.2) adlı olanı gibi, aynı zamanda şiddetli röntgen

ışını kaynağıdır. Bu olgunun en iyi açıklaması, bir miktar maddenin görünen

yıldızın yüzeyinden saçıldığıdır. Bu madde (küvet deliğinden akan su gibi)

sarmal bir devinim ile görünmeyen arkadaşa doğru ilerlerken çok ısınarak

röntgen ışınları yayınlar (Şekil 6.3). Bu mekanizmanın işlemesi için görünmeyen

nesne, bir beyaz cüce, nötron yıldızı ya da kara delik gibi çok küçük olmalıdır.

Görünen yıldızın gözlemlenen yörüngesinden, görünmeyen nesnenin kütlesinin

olanaklı alt sınırı belirlenebilir. Cygnus X-1 örneğinde, bu güneşin kütlesinin

yaklaşık altı katıdır ki Chandrasekhar'ın sonuçlarına göre, görünmeyen nesnenin

beyaz cüce olabilmesi için çok fazladır. Nötron yıldızı olabilmesi için bile çok

fazla bir kütledir bu. Şu halde, kara delikten başka bir şey olamaz.

Cygnus X-1'i kara deliksiz olarak açıklayan başka modeller de var ama

bunların tümü de fazla zorlamaya dayanıyor. Öyle ki, kara delik, gözlemlerin

gerçekten tek doğal açıklaması, Bununla birlikte, Kaliforniya Teknoloji

Enstitüsü'nden Kip Thorne (Tom) ile Cygnus X-1'in de aslında bir kara delik

içermediği üzerine iddiaya girdim! Bu benim için bir tür sigorta. Kara delikler

üzerinde bunca çalışmam, varolmadıkları ortaya çıkarsa tümüyle boşa gidecek.

Ama o zaman da iddiayı kazanmış olacak ve "Private Eye" dergisinin\* dört yıllık

aboneliğiyle avunacağım. Eğer kara delikler gerçekten var ise Kip bir yıl

"Penthouse" okuyacak. iddiaya tutuştuğumuz 1975 yılında Cygnus'ın kara delik

olduğundan yüzde seksen emindik. Bugünlerde yüzde doksan beş emin

olduğumuzu söyleyebilirim, ama iddia henüz sonuçlanmadı.

*\* Ç.N: İngiltere'de bir mizah dergisi*

**Şekil 6.2**

Fotoğrafın ortasına yakın görülen iki yıldızdan parlak olanı, Cygnus X-1. Bu

yıldızın, birbiri etrafında dönen normal bir yıldız ile bir kara delikten oluştuğu

sanılıyor.

Cygnus X-1 sistemindeki gibi, yıldız kümemizde ve Magellan Bulutları adı

verilen iki komşu yıldız kümesinde, birçok kara delik daha bulunduğu

konusunda kanıtlarımız da var şimdi. Ancak kara deliklerin sayısı şüphesiz çok

daha fazla olmalı. Evrenin uzun geçmişinde çok sayıda yıldız çekirdek yakıtını

tüketip çökmek durumunda kalmış olmalı. Hatta kara deliklerin sayısı, yalnızca

bizim yıldız kümemizde yaklaşık yüz milyar olan görülebilen yıldızların

sayısından daha fazla olabilir. Bu denli çok sayıda kara deliğin neden olduğu

fazladan kütlesel çekim, yıldız kümemizin niçin bu hızda dönmekte olduğunu

açıklayabilir; görünen yıldızların kütlesi bunu açıklamak için yeterli değil. Buna

ek olarak, yıldız kümemizin özeğinde, kütlesi güneşimizinkinin yaklaşık yüz bin

katı olan çok büyük bir kara delik bulunduğuna ilişkin elimizde bazı kanıtlar var.

Kümedeki yıldızlardan bu kara deliğe fazla yaklaşanlar, uzak ve yakın bölümleri

arasındaki kütlesel çekim kuvvetlerinin farkından dolayı parçalanacaklardır.

Bunların kalıntıları ve öteki yıldızlardan atılan gazlar kara deliğe doğru

düşeceklerdir. Cygnus X 1'de olduğu gibi, gaz, bir sarmal boyunca ilerlerken

ısınacaktır, ama o örnektekinden daha az. Röntgen ışınları yayınlayacak denli

sıcak olmasa da kümemizin özeğinden geldiği gözlemlenen çok yoğun radyo

dalgaları ve kızılötesi ışınlar kaynağının nedenini açıklayabilir.

Kuvarsarların özeğinde de kütleleri güneşinkinin yaklaşık yüz milyon katı

olan benzeri ama daha büyük kara deliklerin bulunduğu düşünülmektedir. Ancak

bu korkunç kütleli kara deliklere düşen madde, bu cisimlerin yaydığı müthiş

enerji miktarını açıklayabilecek ölçüde güç kaynağı sağlayabilir. Madde kara

deliğe sarmal bir devinimle yaklaşırken onu da aynı yönde döndürür ve

dünyanınki gibi bir manyetik alan oluşturmasına neden olur. Düşen madde

tarafından kara delik yakınında çok yüksek enerjili parçacıklar üretilir. Manyetik

alan o denli şiddetlidir ki, bu parçacıkları, kara deliğin dönme ekseni

doğrultusunda, yani kuzey-güney kutuplarından dışarıya doğru, fışkırmalarda

odaklaştırır. Bu fışkırmalar gerçekten de birçok yıldız kümesinde ve

kuvarsarlarda gözlenmiştir.

Bu arada güneşten daha az kütleli kara delikler olabileceği de düşünülmeli.

Böylesi kara delikler çekimsel çökümle oluşmuş olamazlar, çünkü kütleleri

Chandrasekhar sınırının altındadır; az kütleli yıldızlar çekirdek yakıtlarını

bitirdiklerinde bile kendilerini çekim kuvveti karşısında ayakta tutabilirler.

Böylesi az kütleli kara delikler olsa olsa çok yüksek dış basınç altında maddenin

sıkışarak müthiş yoğunluğa ulaşmasıyla oluşabilirler. Bu türden koşullar çok

büyük bir hidrojen bombasıyla ortaya çıkabilir. Fizikçi John Wheeler'ın bir

zamanlar yaptığı hesaba göre, dünyadaki tüm okyanuslardaki suyun tümü

ağırlaştırılıp kullanılabilse, özeğindeki maddeyi kara delik yaratacak denli

sıkıştırabilecek bir hidrojen bombası yapılabilir. (Elbette bunu

gözlemleyebilecek kimse kalmaz!) Daha gerçekçi bir olasılık da bu az kütleli

kara deliklerin evrenin ilk zamanlarındaki yüksek sıcaklık ve basınç altında

oluşmuş olabilecekleri. Kara delikler bu biçimde, ancak evren o ilk zamanlarda

tam düzgün ve düzenli değilse oluşabilirler. Çünkü ancak ortalamadan daha

yoğun, küçük bir bölüm bu yolla sıkışıp kara delik durumuna gelebilir. Birtakım

düzensizlikler olmuş olmalı, yoksa evrendeki madde, yıldızlar ve yıldız kümeleri

biçiminde kümelenmiş olmayıp bu çağda bile hala tam düzgün dağılmış olurdu.

Yıldız ve yıldız kümelerinin varlıklarının nedenini açıklamak, gerekli

düzensizliğin önemli sayıda, "erken" kara delikler oluşumuna yol açıp

açmadığına, açıkçası evrenin ilk sıralarındaki koşulların ayrıntılarına bağlıdır.

Buna göre, bugünkü erken kara deliklerin sayısını saptayabilirsek, evrenin en

önceki aşamalarına ilişkin büyük ölçüde bilgi edinmiş oluruz. Kütleleri bir

milyar ton (yani büyük bir dağın kütlesi) kadar olan erken kara delikler, ancak

başka görünen maddeler ya da evrenin genişlemesi üzerindeki çekimsel etkileri

ile ayırt edilebilirler. Bununla birlikte, gelecek bölümde öğreneceğimiz üzere

kara delikler pek de kara değildirler; bir sıcak cisim gibi ışırlar ve ufak oldukları

ölçüde daha çok ışırlar. Yani mantığa aykırı olarak, ufak kara delikler,

büyüklerden daha kolay ayırt edilebilir!

**Şekil 6.3**

**7 Kara Delikler O kadar Da Kara Değil**

1970'ten önce genel görelik üzerine araştırmalarım büyük patlama tekilliği

olup olmadığı sorusu üzerine yoğunlaşmıştı. Aynı yılın Kasım ayında bir gece,

kızım Lucy'nin doğumundan kısa bir sonra yatağa yatmaya hazırlanırken kara

delikler üzerinde düşünmeye başladım. Sakatlığımdan dolayı bu oldukça yavaş

süren bir iş olduğu için, düşünmeye zamanım çoktu. O tarihlerde uzay zaman

içindeki hangi noktaların kara deliklerin içinde, hangilerinin kara delikler dışında

olduğuna ilişkin kesin tanımlar yoktu. Kara delikleri, bugün de genellikle kabul

edilen, kendilerinden çok uzaklaşmanın olanaksız olaylar kümesi biçiminde

tanımlama düşüncesini Roger Penrose ile daha önce tartışmıştım. Yani, kara

deliğin sınırı olan olay ufku, kara delikten uzaklaşmayı başaramayıp, sonsuza

değin kenarında dolaşan ışık ışınlarının uzay-zaman içindeki yollarından

oluşmaktadır (Şekil 7.1). Bu birazcık, polisten kaçarken bir adım önde olmayı

becerip, ama ondan bir türlü kurtulamamaya benzer!

**Şekil 7.1**

Aniden, bu ışık ışınlarının yollarının birbirine hiçbir zaman

yaklaşamayacağını fark ettim. Eğer yaklaşsalardı eninde sonunda birbirleri içine

geçmeleri gerekirdi. Polisin ters yönde kaçan birisiyle karşılaşmasına benzeyen

bir durum -her ikinizde yakalanırdınız! (Ya da bu durumda dolaşıyor

olamazlardı.) Bu yüzden olay ufkundaki ışık ışınları her zaman birbirine koşut

ya da birbirinden uzaklaşacak biçimde devinmeliydi. Bunu görmenin başka bir

yolu, olay ufkunu, yani kara deliğin sınırını, bir gölgenin kenarı, kaçınılmaz

kıyamet gölgesinin sınırı olarak kafada canlandırmaktır. Güneş gibi uzaktaki bir

kaynağın düşürdüğü gölgeye baktığımızda, kenarlardaki ışık ışınlarının

birbirlerine yaklaşmadıklarını görürsünüz.

Olay ufkunu, yani kara deliğin sınırını, oluşturan ışık ışınları birbirlerine hiç

yaklaşamıyorsa, olay ufkunun alanı aynı kalabilir ya da zamanla artabilir, ama

hiçbir zaman azalamaz, çünkü bu ışık ışınlarından en azından bir bölümünün,

birbirlerine yaklaşması gerektiği anlamına gelir. Aslında, ne zaman bir madde ya

da bir ışıma kara deliğin içine düşse, alanın artması gerekir (Şekil 7.2). Ya da iki

kara delik çarpışıp tek bir kara delik oluşturmak üzere kaynaşsa, ortaya çıkan

kara deliğin olay ufkunun alanı, ilk kara deliklerin olay ufku alanlarının

toplamından ya daha büyük ya da ona eşit olur (Şekil 7.3). Olay ufku alanının bu

azalmama özelliği, kara deliklerin olası davranış biçimleri üzerine önemli bir

kısıtlama koymaktaydı. Bulgumdan dolayı o kadar heyecanlandım ki, o gece

doğru dürüst uyuyamadım. Ertesi gün Roger Penrose'u telefonla aradım.

Düşüncelerime katıldı. Aslında, sanırım, alanın bu özelliğinin zaten farkındaydı.

Ama onun kullandığı kara delik tanımı biraz farklıydı. Kara deliğin sınırının ve

dolayısıyla alanının, kara delik zamanla değişmeyen bir durumda kaldıkça, her

iki tanıma göre aynı olacağının farkına varmamıştı.

**Şekil 7.2**

**Şekil 7.3**

Kara deliğin alanının azalmama özelliği, entropi adı verilen ve bir dizgenin

düzensizliğini ölçmekte kullanılan fiziksel niceliği çok andırmaktadır. Eşyalar

kendi hallerine bırakıldıkları zaman düzensizliklerinin artacağı herkesin her

zaman gözlemlediği bir olaydır. (İnsan, evinde onarım yapmayı

bırakmayagörsün) Düzensizlikten düzen yaratabilir, (Örneğin evi

boyayabilirsiniz), ama bu gayret ya da enerji harcanmasını gerektireceği için

eldeki düzenli enerjinin miktarını azaltır.

Bu düşünce, daha kesin olarak ortaya konduğu biçimiyle, termodinamiğin

ikinci yasası olarak bilinir.

Bu yasa, kapalı bir dizgenin entropisinin her zaman artacağını ve iki dizge

birleştirildiğinde, birleşik iki düzenin toplam entropisinin, tek tek dizgelerin

entropilerinin toplamından fazla olacağını belirtir. Örnek olarak, bir oda içindeki

gaz molekülleri dizgesini göz önüne alalım. Moleküller sürekli olarak

birbirleriyle çarpışan ve odanın duvarlarına vurup yansıyan küçük bilardo topları

gibi düşünülebilir. Gazın ısısı arttıkça moleküller daha hızlı devinir, bu yüzden

duvarlara daha sık ve kuvvetli çarparlar, böylece dışarıya doğru daha çok basınç

uygularlar. Moleküllerin ilk önce bir bölme ile odanın sol yanında toplandığını

varsayalım. Bölme aradan kaldırıldığında, moleküller dağılıp odanın her iki

yarısına yayılma e ğiliminde olacaklardır. Daha sonra, şans eseri, hepsi sağ

tarafta ya da yeniden sol tarafta toplanabilir, ama çok büyük bir olasılıkla ku -

tunun her iki yarısına eşit olarak dağılacaklardır. Böyle bir durum, moleküllerin

hepsinin odanın sol yanında olduğu ilk durumdan da ha az düzenli, yani daha çok

düzensizdir. Şu halde gazın entropisini arttığını söyleyebiliriz. Benzer biçimde

birinde oksijen diğerin de azot molekülleri bulunan iki kutuyu alalım. İki kutuyu

birleştirip aradaki bölmeyi kaldırırsak oksijen ve azot molekülleri karışmaya

başlayacaktır. Daha sonraki bir zamanda en olası durum, her iki kutuya oldukça

düzgün yayılmış oksijen ve azot karışımıdır. Bu durum kutuların ilk ayrı

durumlarından daha az düzenli bir durumdur ve bu yüzden entropisi daha

fazladır.

Termodinamiğin ikinci yasasını fiziğin diğer yasalarından, ör neğin

Newton'ın çekim yasasından ayıran değişik bir özelliği var dır, çoğu durumda

geçerli olmasına karşın, geçerli olmadığı durumlar da olanaklıdır. Birinci

odamızdaki gaz moleküllerinin, ileri bir zamanda odanın bir yarısında toplanma

olasılığı milyonlarca da birdir ama sıfır değildir, yani olabilir. Yakınımızda bir

kara delik olsaydı termodinamiğin ikinci yasasına karşı gelmenin daha kolay bir

yolu olurdu: Kara delikten içeri, gaz dolu oda gibi bol entropili biraz madde

atıverin; O zaman, kara deliğin dışındaki maddenin toplam entoripisi azalacaktır.

Ama hala denebilir ki, kara deliğin içindeki entropiyi de katarsak, toplam entropi

azalmamıştır; ama kara delikten içeri bakamadığımız için, içinde ne kadar

entropi ol duğunu bilemeyiz. Kara deliğin, kendi dışındaki gözlemcilerin

entropisini belirleyebileceği ve entropi taşıyan bir madde içine düştü ğü zaman

entropisi artan bir özelliği olsaydı çok hoş olurdu. Yuka rıda anlatılan, kara

deliğin içine madde düştükçe olay ufkunun ala nının arttığı buluşundan sonra,

Princeton'dan Jacob Bekenstein (Bekınstayn) adı bir araştırma öğrencisi, olay

ufkunun alanının, kara deliğin entropisinin bir ölçüsü olduğunu öne sürdü.

Entropi taşıyan madde kara deliklerin dışındaki maddenin toplam entropisi ve

ufukların alanı hiçbir zaman azalmayacaktı.

Bu öneri, termodinamiğin ikinci yasasının zorlanmasını birçok durumda

önler gibi gözüküyordu. Buna karşın çok daha büyük bir çarpıklığı vardı. Eğer

bir kara deliğin entropisi varsa o zaman ısısı da olmalıdır. Belli bir bir ısısı olan

bir cismin de belli miktarda ışıması, yani radyasyon yayması gerekir. Hepimiz

biliriz ki, bir demir çubuk ateş üzerinde ısıtıldığında kıpkırmızı parlar ve ışır,

doğal olarak daha düşük ısılardaki cisimler de ışırlar, ama ışımanın miktarı çok

az olduğu için normal olarak fark edemeyiz. Bu ışıma, termodinamiğin ikinci

yasasının zorlanmaması için gereklidir. Bu yüzden kara deliklerin de ışımaları

gerekecekti. Ama tanımları gereği, kara delikler hiçbir şey yayınlamamalıdır. Şu

halde, bir kara deliğin olay ufkunun alanını, o kara deliğin entropisi olarak

yorumlanamayacağı anlaşılıyordu. 1972'de, Jim Bardem (Bardiyn) adlı bir

Amerikalı meslektaşım ve Brandon Carter ile birlikte, entropi ile olay ufkunun

alanı arasında birçok benzerlik olmasına karşın, yukarıda değindiğim gibi bu

olasılığı yokeden bir zorluğu olduğunu belirten bir makale yayınladım. Kabul

etmeliyim ki, bu makaleyi yazmamda olay ufkunun Bekenstein'a duyduğum

kızgınlığın kısmen de olsa payı vardı. Ama sonunda beklemediği bir biçimde de

olsa, temelde haklı olduğu ortaya çıktı.

1973 yılının Eylül ayında Moskova'yı ziyaret ederken, kara delikleri Yakov

Zeldovich (Zeldoviç) ve Alexander Starobinsky (Starobinski) adlı iki Sovyet

uzmanla tartıştım. Kendi eksenleri etrafında dönen kara deliklerin tanecik

mekaniğinin belirsizlik ilkesine göre parçacık üretip yayınlamaları gerektiğine

beni ikna ettiler. Savlarına fiziksel temelde nedenlerden dolayı katıldım, yoksa

bu yayınlamayı hesapladıkları matematiksel yöntemi pek beğenmemiştim. Bu

yüzden oturup kendim daha iyi bir matematiksel yöntem geliştirdim ve bunu

1973 Kasımının sonunda Oxford'da resmi olmayan bir seminerde açıkladım.

Henüz yayınlamanın gerçekten ne kadar olacağını saptamamıştım. Zeldovich ve

Starobinsky'nin kendi etrafında dönen kara deliklerden bekledikleri ne eşit bir

ışıma miktarı bulacağımı sanıyordum. Ama, hesabı yaptığım zaman kendi

etraflarında dönmeyen kara deliklerin bile kararlı bir hızla parçacık yaratıp

yayınlamaları gerektiği sonucunu şaşırarak ve öfkelenerek buldum. İlk önce bu

yayınlamanın, kullandığım yaklaşımlardan birinin geçersiz olduğunu

gösterdiğini sandım. Bekenstein'in bunu haber alıp hala hoşlanmadığım kara

deliklerin entropisi düşüncesini daha hararetle desteklemekte kullanacağından

korkuyordum. Bununla birlikte, üzerinde daha çok düşündükçe yaklaşımlarının

doğru olması gerektiğine inandım. Ama beni en sonunda ikna eden şey,

yayınlanan parçacıkların ışık yelpazesinin sıcak bir cisminkiyle aynı olduğunu,

ve kara deliğin termodinamiğin ikinci yasasının zorlanmasını tam önleyecek bir

hızla parçacık yayınladığının ortaya çıkması oldu. O zamandan beri bu

saptamalar başka kişilerce de değişik biçimlerde tekrarlandı. Hepsi de, kara

deliklerin, ısısı kütlesine bağlı olarak, yani daha büyük kütle daha düşük ısıya

karşı gelmek üzere, bir sıcak cisim gibi parçacık ve ışıma yayınlaması

gerektiğini doğrulamaktalar.

Nasıl oluyor da olay ufkunun içinden hiçbir şeyin dışarıya kaçamayacağını

bildiğimiz halde, bir kara delik parçacık yayınlar gibi gözüküyor? Bunun yanıtı,

tanecik kuramının bize söylediğine göre, parçacıkların kara deliğin içinden değil

fakat kara deliğin olay ufkunun hemen dışındaki "boş" uzaydan geldikleri

biçimindedir. Bunu şu şekilde anlayabiliriz: "Boş" diye düşündüğümüz uzay

tamamen boş olamaz çünkü o zaman içindeki çekim ya da elektromanyetik alan

gibi bütün alanların tam tamına sıfır olması gerekirdi. Bir alanın değeri ve

zamanla değişim hızı bir parçacığın konumu ve hızı gibidir: belirsizlik ilkesinin

dediğine göre, bunlardan birisi daha büyük doğrulukla bilindiğinde diğerini

bilme doğruluğu azalır. Bu yüzden, boş uzayda alan, kesinlikle sıfır olarak

saptanamaz, çünkü o zaman, alanın hem kesin bir değerini (sıfır) hem de kesin

bir değişim hızının (bu da sıfır) olması gerekecektir. Alanın değerinde çok az bir

belirsizlik değeri, ya da tanecik dalgalanmaları olması zorunludur. Bu

dalgalanmalar, zaman zaman birlikte ortaya çıkan, birbirinden ayrılan ve daha

sonra yeniden bir araya gelip birbirini yok eden ışık ya da çekim parçacık çiftleri

olarak düşünülebilir. Bunlar, güneşin çekim kuvvetini taşıyan parçacıklar gibi

sezilgen parçacıklardır: gerçek parçacıklardan farklı olarak parçacık detektörü ile

doğrudan algılanamazlar. Bununla birlikte, atomların içindeki elektron

yörüngelerindeki küçük enerji değişimleri gibi, dolaylı etkileri kuramsal

değerlere son derece yakın doğrulukla ölçülebilmektedir. Belirsizlik ilkesi,

elektron ya da kuvark gibi madde parçacıklarının da sezilgen çiftleri olacağını

öngörür. Yalnız bu durumda, çifti oluşturanlardan bir tanesi parçacık, diğeri ise

karşıparçacık olacaktır (ışık ve çekimin parçacık ve karşıparçacıkları birbiriyle

aynıdır).

Enerji yoktan yaratılamayacağı için, parçacık/karşıparçacık çiftini

oluşturanlardan birinin artı enerjiye, diğerinin de eksi enerjiye sahip olması

gerekir. Eksi enerjisi kısa ömürlü bir sezilgen parçacık olmaya mahkumdur,

çünkü normal koşullar altında gerçek parçacıkların her zaman artı enerjileri

vardır. Bu yüzden ortağını arayıp onunla birleşerek yok olmak zorundadır.

Gerçek bir parçacığın enerjisi büyük bir cisme yakınken, aynı cisimden uzakta

olduğundan daha azdır, çünkü onu, cismin çekiminden kurtarıp uzak bir noktaya

götürmek için ek enerji gereklidir. Normal olarak parçacığın enerjisi hala artı

kalır ama bir kara deliğin çekim alanı o denli kuvvetlidir ki, uzak noktadaki bir

gerçek parçacığın bile eksi enerjisi olabilir. Şu halde, eksi enerji bir sezilgen

parçacığın, eğer bir kara delik varsa, onun içine düşüp gerçek parçacığa ya da

karşı parçacığa dönüşmesi olanaklıdır. Sezgin parçacık bu durumda ortağı ile

birleşip yok olmak zorunda da değildir. Yüzüstü bırakılmış ortağı da benzer

biçimde bir kara deliğin içine düşebilir. Ya da, artı enerjili olduğu için, kara

deliğin yakınından gerçek parçacık ya da karşıparçacık olarak kaçabilir (Şekil

7.4). Uzaktan bakan bir gözlemciye bu sanki kara delik parçacık yayınlıyormuş

gibi görünecektir. Kara delik küçüldükçe, eski enerjili parçacığın gerçek

parçacık olmadan önce alacağı yol kısalacağı için, kara deliğin parçacık

yayınlama hızı artar ve görünen ısısı ortaya çıkar.

Kara deliğin dışarıya doğru yayınlandığı artı enerjili ışımanın, eski enerji

yüklü parçacıkların kara deliğin içine doğru akmasıyla dengelenmesi gerekir.

Einstein'ın E=mc2 denklemine göre (E enerji m kütle ve c ışık hızı), enerji

kütleyle doğru orantılıdır. Şu halde kara deliğin içine doğru eksi enerji akışı

onun kütlesini azaltır. Kara deliğin kütle yitirmesiyle olay ufkunun alanı daralır;

ama kara deliğin entropisindeki bu azalma, yayınlanan ışımanın entropisi ile

fazlasıyla karşılanır. Böylece termodinamiğin ikinci yasası hiçbir zaman

zorlanmamış olur.

**Şekil 7.4**

Ayrıca, bir kara deliğin kütlesi azaldıkça ısısı yükselecektir. Bu yüzden, kara

delik kütle yitirdikçe ısı yayınlama hızı artacak, sonuç olarak daha büyük hızla

kütle yitirecektir. Kara deliğin kütlesi son derece küçüldüğünde ne olacağı ise

pek açık değildir, ama en akla yakın tahmin milyonlarca hidrojen bombasına

eşdeğer korkunç bir son patlamayla tamamen yok olacağıdır.

Kütlesi güneşten birkaç kez büyük bir kara deliğin ısısı mutlak sıfırdan ancak

bir derecenin on milyonda biri kadar fazladır. Bu, evreni dolduran mikrodalga

ışımasından çok daha düşüktür (mutlak sıfırın yaklaşık 2,7 derece üstü). Bu

yüzden böyle kara delikler soğurduklarından daha az yayınlarlar. Eğer evrenin

yazgısı sonsuza değin genişlemekse mikrodalga ışıma ısısı sonunda böyle bir

kara deliğinkinin de altına düşecek ve o zaman kara delik kütle yitirmeye

başlayacaktır. Ama o zaman bile, ısısı o denli düşük olacaktır ki, tamamen

yokolması milyon kere milyon kere milyon kere milyon kere milyon kere

milyon kere milyon kere milyon kere milyon kere milyon kere milyon (1'den

sonra altmış altı tane sıfır) yıl sürecektir. Bu, evrenin on ya da yirmi milyar yıl (1

ya da 2'den sonra on tane sıfır) olan yaşından çok daha fazladır. Diğer yandan,

altıncı bölümde sözü edildiği gibi, erken kara delik denen ve evrenin çok erken

evresindeki düzensizliklerin çökmesiyle ortaya çıkan daha küçük kütleli kara

delikler bulunabilir. Böyle kara deliklerin ısısının çok daha yüksek olması ve çok

daha yüksek bir hızla ışımaları gerekir. İlk kütlesi bir milyar ton olan böyle bir

erken kara deliğin yaşam süresi, yaklaşık evreninkine eşittir. Daha az kütleye

sahip erken kara deliklerin şimdiye kadar çoktan yok olmuş olmaları gerekir,

ama kütlesi bundan biraz daha fazla olanların hala röntgen ya da gama ışınları

gibi ışıma yayıyor olmalılar. Röntgen ya da gama ışınları, ışık dalgalarına benzer

ama dalga boyları çok daha kısadır. Böyle deliklere "kara" demek doğrusu biraz

haksızlık oluyor: aslında bembeyaz olup, on bin megavatlık bir güçle enerji

yaymaktadırlar.

Bu tip kara deliklerden bir tanesi, gücünü dizginleyebilirsek on tane büyük

enerji üreteci çalıştırabilir. Bu işi gerçekleştirmek, elbette çok zordur. Böyle bir

kara deliğin kütlesi, bir dağın, santimetrenin milyonda birinin milyonda birine,

yani bir atom çekirdeğinin içerisine sıkıştırılmış kütlesine eşittir. Bu kara

deliklerden bir tanesine dünya yüzeyinde sahip olsaydınız, dünyanın yüzeyini

delip, özeğine düşmesini engelleyecek hiçbir şey olamazdı; sonunda yerin

özeğinde durana dek, yeryüzünün bir o yanına bir bu yanına salınmayı sürdürdü.

Bu yüzden, enerjisini kullanmak üzere onu yerleştirebileceğimiz en uygun yer

ancak dünyanın çevresinde bir yörüngedir; onu bu yörüngeye getirmenin tek

yolu da, eşeğin önüne iple havuç tutmak gibi, önünde daha büyük bir kütleyle

onu çekmek olurdu. Bu, pek uygulanabilir bir öneri gibi gözükmekte; en azından

yakın gelecek için.

**Şekil 7.5**

Erken kara deliklerin enerjilerini dizginleyemesek bile, hiç olmazsa onları

gözlemleme şansımız ne kadardır? Bu kara deliklerin, yaşam sürelerinin çoğu

boyunca yayınladıkları gama ışımasını aramak bunun bir yolu olabilir. Çok

uzakta oldukları için, tek tek ışımaları zayıf olsa bile, toplam ışımayı algılamak

olanaklıdır. Gerçekten de böyle gama ışınlarını algılamaktayız: Şekil

7.5 gözlemlenen ışıma yeğinliğinin frekansla (saniyedeki dalga sayısıyla) nasıl

değiştiğini göstermektedir. Bununla birlikte, bu gözlemlediğimiz ışımanın erken

kara deliklerden geliyor olması gerekmediği gibi, büyük bir olasılıkla başka

süreçlerden kaynaklandığı söylenebilir. Şekil 7.5'teki noktalı çizgi, erken kara

deliklerin bir ışıkyılı oylumunda ortalama 300 tane bulunması durumunda, gama

ışınları yeğinliğinin frekansla nasıl değiştiğini göstermektedir. Şu halde denebilir

ki, gama ışınlarının gözlemlenmesi erken kara deliklerin varlığı için olumlu bir

kanıt değildir, ama bu tür kara deliklerin sayısının bir ışıkyılı oylumunda

ortalama 300'den fazla olamayacağını bize kesinlikle söyler. Bu sınır, erken kara

deliklerin, evrendeki maddenin en fazla milyonda birini oluşturabileceği

anlamına gelir.

Erken kara deliklerin böylesine seyrekliği, yalın bir gama ışın kaynağı olarak

gözlemleyebileceğimiz yakınlıkta bir tanesinin bulunma olasılığını çok düşürür

gibi gözükmektedir. Öte yandan, herhangi bir madde, erken kara delikleri

kendisine doğru çekeceğinden, yıldız kümeleri içinde ya da etrafında daha sık

bulunmaları gerekmektedir. Gözlemlediğimiz gama ışınları, her bir ışıkyılı

oylumu başına ortalama 300 tane erken kara delik bulunabileceğini belirtmesine

karşın, kendi yıldız kümemizin içinde ne sıklıkla bulunduklarına ilişkin hiçbir

şey söylemiyor. Diyelim ki, bunların sayısı ortalamadan bir milyon kere fazla

olsun; bu durumda bize en yakın kara delik, aşağı yukarı bilinen en uzak

gezegen Pluto uzaklığında, yani bir milyar kilometre kadar uzaklıkta

bulunmalıdır. Bir kara deliğin bu uzaklıktan ışımasını, on bin megavat gücünde

bile olsa algılamak çok zordur. Bir erken kara deliği gözlemlediğimizden emin

olabilmek için, aynı yönden, akla yatkın bir zaman süresi boyunca, örneğin bir

hafta süresince, birkaç gamma ışını taneciğinin algılanması gerekir. Yoksa,

pekala başka bir kaynaktan geliyor olabilirler. Planck'ın tanecik ilkesinin bize

söylediğine göre, gama ışını taneciğinin enerjisi yüksektir, çünkü bu ışınların

frekansı çok yüksektir. Bu yüzden, on bin megavat güç yayınlamak için çok

sayıda gama taneciğine gerek bulunmaz. Pluto mesafesinden gelebilecek birkaç

taneciği gözlemlemek için şimdiye kadar yapılmış gama ışını detektörlerinin en

büyüğünden daha da büyük bir gama detektörüne gereksinim vardır. Ayrıca,

gama ışınları atmosferi delemediği için bu detektörün uzayda kurulması

zorunludur.

Doğal olarak, Pluto kadar yakında bulunan bir kara delik yaşam süresinin

sonuna ulaşıp patlayacak olsaydı, bunu algılamak çok kolay olurdu. Ama, kara

delik son on ya da yirmi milyar yıldır yayınlamada bulunuyorsa, yaşam süresinin

sonuna geçmişteki ya da gelecekteki birkaç milyon yıl yerine, önümüzdeki

birkaç yılda erişmesi olasılığı oldukça küçüktür! Bu yüzden, araştırma paranız

suyunu çekmeden, az da olsa patlamayı görme şansınız olmasını istiyorsanız, bir

ışık yılı uzaklığındaki patlamaları algılayacak bir yol bulmanız gerekmektedir. B

u durumda bile patlamadan doğacak birkaç gama ışını taneciğini algılamak için

büyük bir gama detektörüne gereksinim duyma sorunundan kurtulamazsınız.

Buna karşın, bu durumda bütün parçacıkların aynı yönden bir zaman aralığında

gözlemlemek, aynı patlamadan kaynaklandıkları güvencesini verdiği için

yeterlidir.

Erken kara delikleri saptayabilecek gama detektörlerinden biri de dünyayı

kuşatan atmosferdir. (Zaten, daha büyük bir detektör yapmamız olanaklı gibi

değil!) Yüksek enerjili bir ışın taneciği, atmosferdeki atomlara çarptığı zaman

elektron ve pozitron (karşı elektron) çiftleri oluşturur. Bunlar da diğer atomlarla

çarpıştıklarında başka elektron ve pozitron çiftleri ortaya çıkarırlar; böylece

elektron yağmuru denen olay ortaya çıkar. Sonuçta, Cerenkov (Cerenkof) ışıması

denen bir çeşit ışık görünür. Şu halde, geceleri gökteki ışık parlamalarına

bakarak gama ışını darbelerini algılamak olanaklıdır. Elbette, şimşek düşen uydu

ya da yörüngedeki uydu artıklarından yansıyan güneş ışınları gibi, gökte ışık

parlamaları yaratabilecek başka olaylar da vardır. Gama ışını darbelerini,

birbirinden oldukça uzak iki ya da daha fazla yerde aynı anda gözlemleyerek, bu

gibi etkilerden ayırt etmek olanaklıdır. Buna benzer bir araştırma Dublin'li iki

bilimci, Neil Porter (Portır) ve Trevor Weekes (Vikıs) tarafından Arizona'daki

teleskopları kullanarak gerçekleştirilmiştir. Bu bilimciler değişik sayıda

parlamalar görmüş olmalarına rağmen, hiçbirisi erken kara delikten kaynaklanan

gama ışını darbeleri olarak belirlenememiştir.

Erken kara delikler için araştırmalar olumsuz sonuçlansa bile, ki öyle

görünüyor, bize yine de evrenin ilk evrelerine ilişkin önemli bilgiler

sağlayacaktır. Eğer evren başlangıçta karmakarışık ve düzensiz, ya da maddenin

basıncı düşük idiyse, şimdiki gözlemlerimizle saptanan sınırdan daha çok sayıda

erken kara deliğin ortaya çıkmış olması beklenebilirdi. Gözlemlenebilir sayıda

erken kara deliklerin yokluğu ise ancak, başlangıçta çok yüksek basınçlı ve son

derece tekdüze bir evrenle açıklanabilir.

Kara deliklerin ışıyacağı düşüncesi, bu yüzyılın iki büyük kuramının, genel

görelik ve tanecik mekaniğinin, her ikisine de temelden dayanarak yapılan

öngörülerin ilk örneğiydi. İlk başta "Nasıl olur da kara delik bir şey

yayınlayabilir?" görüşünü altüst ettiği için çok tepki gördü. Oxford

yakınlarındaki Ruther-ford-Appleton laboratuvarlarındaki bir konferansta,

hesaplarımın sonuçlarını açıkladığım zaman büyük kuşkuyla karşılandım.

Konuşmanın sonunda, toplantının yöneticisi, Londra Kings College'dan John G.

Taylor (Teylor), anlattıklarımın tümünün saçma sapan şeyler olduğunu ileri

sürdü. Bu konuda bir de makale yayınladı. Ama daha sonra, John Taylor da dahil

olmak üzere birçok kişi, genel görelik ve tanecik mekaniği düşüncelerimiz doğru

olduğu sürece, kara deliklerin bir sıcak cisim gibi ışımaları gerektiği sonucuna

katıldılar. Henüz bir erken kara delik bulmayı becerebilmiş olmamamıza

rağmen, bulmamız halinde onun büyük miktarda gama ve röntgen ışınları

yayacağına ilişkin oldukça yaygın bir düşünce birliği var.

Kara deliklerden yayılan ışımanın varlığı, çekimsel çökmenin bir zamanlar

sandığımız gibi son ve geri çevrilemez bir olay olmadığını üstü kapalı bir şekilde

söyler. Kara deliğe, bir astronot düşecek olursa kütlesi artacak ama sonuçta artan

kütleye eşdeğer bir enerji evrene ışıma biçiminde geri verilecektir. Astronot bir

anlamda "yeniden çevrime" girecektir. Astronot kara deliğin içinde uzayıp

kopacağından herhangi bir kişisel zaman kavramına sahip olamayacağı için, bu

çeşit ölümsüzlük pek bir işe yaramayacaktır! Kara delik tarafından evrene geri

verilen parçacıklar bile genellikle astronotu oluşturan parçacıklardan farklıdır:

astronotunun yaşayacak tek özelliği, kütlesi ve enerjisi olacaktır

Kara delikten yayınlanan ışımayı hesapladığım zaman kullandığım

yaklaşımlar, kara delik bir gramdan daha fazla kütleye sahip olduğu sürece doğru

sonuçlar vermeli. Bununla birlikte, bu yaklaşımlar, kara deliğin yaşam süresi

sonunda kütlesi çok küçüldüğünde artık işlemez olacaktır. Bu durumda en olası

sonuç, kara deliğin, içindeki astronotu ve eğer gerçekten varsa tekilliği de

beraberinde götürerek, en azından evrenin bize ait köşesinden yokolup

gitmesidir. Bu tanecik mekaniğinin, genel görelik tarafından ileri sürülen

tekillikleri ortadan kaldırabileceğinin ilk göstergesidir. Bununla birlikte, benim

ve başkalarının 1974 yılında kullandığımız yöntemler, "tanecik çekiminde

tekillikler olabilir mi?" türünden sorunları yanıtlamaya yeterli değildi. Bu

yüzden 1975'ten sonra, Richard Feynmann'in (Faynmın) geçmişlerin toplamı

düşüncesine dayanarak, tanecik çekimi için daha güçlü yaklaşımlar bulma

üzerinde çalışmaya başladım. Bu yaklaşımımın, evrenin başlangıcı ve

geleceğine, ve astronotumuz gibi içinde bulunanların sonuna ilişkin ortaya

koyduğu yanıtlar bundan sonraki iki bölümde anlatılacaktır. Belirsizlik ilkesinin,

kestirimlerimizin kesinliğine bir sınır koymasına karşın, aynı zamanda uzayzaman

tekilliğinde görünen temel belirsizlikleri de ortadan kaldıracağını bu

bölümlerde göreceğiz.

**8 Evren'in Doguşu Ve Yazgısı**

Einstein'ın genel görelik kuramı, tek başına, uzay-zamanının büyük patlama

tekilliğinde başladığını ve (tüm evren çöktüyse) büyük çatırtı tekilliğinde ya da,

(yıldız gibi yerel bir bölge çökseydi) bir kara deliğin içindeki bir tekillikte sona

ereceğini öngörmekteydi. Deliğe düşen tüm maddeler tekillikte yitecek, ve

yalnızca kütlelerinin çekim etkisi dışarıda duyulacaktı. Öte yandan, tanecik

etkileri hesaba katıldığında, maddenin kütlesi ve enerji sonunda evrene geri

dönecek ve kara delik, içindeki tekillikle birlikte buharlaşıp uçarak sonunda

yokolacak gibi görünüyordu. Tanecik mekaniğinin büyük patlama ve büyük

çatırtı tekillikleri üzerinde de bu ölçüde çarpıcı bir etkisi olabilir miydi? Kütlesel

çekim alanlarının tanecik etkileri yok sayılamayacak denli kuvvetli olduğu ilk ve

son aşamalarında, evrende neler olup bitmekte? Evrenin gerçekten bir başlangıcı

var mı? Ya da bir sonu? Varsa nasıl?

1970'lerde başlıca çalışma konum kara deliklerdi, ama 1981'de Vatikan'da

Cizvitlerin düzenlediği bir evrenbilimi konferansında iken evrenin doğuşu ve

yazgısına ilişkin ilgim yeniden uyandı. Katolik Kilisesi Galileo ile uğraşırken,

güneşin dünya etrafında döndüğünü ilan ederek bilimsel bir soruya ilişkin

hükümde bulunmakla kötü bir yanlış yapmıştı. Yüzyıllar sonra, şimdi ise,

evrenbilimi konusunda akıl danışmak için birtakım uzmanlar çağırmaya karar

vermiş. Konferansın sonunda, katılanlara papanın huzurunda bulunma ayrıcalığı

tanınmıştı. Orada Papa bize, evrenin büyük patlamadan sonraki evrimi üzerinde

çalışmamızın yerinde olacağını, ancak büyük patlamanın kendisini

soruşturmamamızı, çünkü onun Yaradılış anı, yani Tanrı'nın işi olduğunu

söyledi. O zaman biraz önce konferans sırasında verdiğim konuşmanın

konusundan haberdar olmayışına çok sevindim. Çünkü konuşmam, uzayzamanın

sonlu ama sınırsız olabileceği, yani başlangıcının, yaradılışı anının

olmadığı konusundaydı. Ölümünden tam 300 yıl sonra doğmuş olmanın da biraz

etkisiyle kendimi kuvvetle özdeşleştirdiğim Galileo'nun yazgısını paylaşmak

istemiyordum!

Tanecik mekaniğinin evrenin doğuşu ve yazgısını nasıl etkileyebileceğine

ilişkin düşüncelerimizi açıklayabilmek için önce, evren tarihini yaygın olarak

benimsenen "sıcak büyük patlama modeli"ne dayanarak anlatmam gerek. Bu,

evrenin ta büyük patlamaya giderek Friedmann'ın modeliyle betimlendiğini

varsayar. Böylesi modellerde evren genişledikçe içindeki her madde ya da

ışımanın soğuyacağı ortaya çıkar. (Evrenin büyüklüğü iki katına çıktığında

sıcaklığı yarıya düşer.) Sıcaklık kabaca parçacıkların ortalama enerjisinin -ya da

hızının- bir ölçüsü olduğuna göre evrenin bu soğumasının, içindeki maddeye

büyük etkisi olacaktır. Çok yüksek sıcaklıklarda parçacıklar sağa sola öyle hızlı

devineceklerdir ki, elektromanyetik ya da çekirdek kuvvetlerinden ötürü

birbirlerine olan çekimden kendilerini kurtaracaklardır. Ama parçacıklar

soğudukça birbirlerini çekip üst üste yığılmaya başlayacaklardır. Ayrıca, evrende

varolan parçacıkların türleri de sıcaklığa bağlı olacaktır. Yeterince yüksek

sıcaklıklarda, parçacıkların enerjisi o denli yüksektir ki, çarpıştıklarında çok

değişik parçacık/karşıparçacık çiftleri oluşur -ve bu yeni oluşan parçacıkların

bazısı karşıparçacığa dokunarak yok olsa da, üreme yokolmayı geçecektir. Ama

daha düşük sıcaklıklarda, çarpışan parçacıkların enerjisi daha az olacağından

parçacık/karşıparçacık çiftleri daha yavaş oluşacak- ve yok olma hızı oluşma

hızını geçecektir.

Tam büyük patlama anında evrenin sıfır büyüklükte ve bu nedenle sonsuz

sıcaklıkta olduğu düşünülür. Ama evren genişleyince ışımanın sıcaklığı düşer.

Büyük patlamadan bir saniye sonra yaklaşık on milyar dereceye düşmüş olmalı.

Bu, güneşin özeğindeki sıcaklığın yaklaşık bin katıdır ama bu denli yüksek

sıcaklıklara hidrojen bombası patlamasında erişilebilir. Bu anda evren

çoğunlukla foton, elektron ve (yalnızcı zayıf kuvvet ve kütlesel çekimden

etkilenen hafif parçacıklar olan) nötrinolardan ve bunların karşı

parçacıklarından, bir miktar da proton ve nötrondan oluşur. Evren genişlemeyi

sürdürüp sıcaklık düştükçe çarpışmaların neden olduğu elektron/karşıelektron

çiftlerinin oluşma hızı, birbirlerini yoketme hızının altına düşecektir. Böylelikle

elektron ve karşıelektronların çoğu birbirini daha çok foton oluşturacak biçimde

yokedecek ve geriye az sayıda elektron kalacaktır. Nötrino ve karşınötrinolar ise

birbirlerini yok edemeyeceklerdir, çünkü bu parçacıklar birbirleriyle ve başka

parçacıklarla çok az etkileşimde bulunurlar. O halde bugün de varolmaları

gerekir. Onları gözlemleyebilsek evrenin bu çok sıcak ilk aşaması için iyi bir

kanıt olurdu. Ne yazık ki bugüne dek geçen zaman içinde enerjileri onları

doğrudan gözlemlemeye yetmeyecek denli aza inmiş olacaktır. Ancak, nötrinolar

kütlesiz olmayıp, 1981'de Rusya'da yapılmış olup doğrulanamayan bir deneyin

önerdiği gibi az bir kütleye sahip iseler onları dolaylı bir biçimde ayırt edebiliriz:

daha önce sözü geçen ve evrenin genişlemesini durdurup yeniden çöküşüne

neden olabilecek kütlesel çekimi olan "kara madde"nin bir biçimi olabilirlerdi.

Büyük patlamadan yaklaşık yüz saniye sonra sıcaklık bir milyar dereceye,

yani en sıcak yıldızların içinin sıcaklığına düşecekti. Bu sıcaklıkta proton ve

nötronlar güçlü çekirdek kuvvetinden kaçmaya yetecek enerjiyi yitirecek ve bir

proton ve bir nötron içeren döteryum (ağır hidrojen) atomunun çekirdeğini

oluşturmak üzere birleşme ye başlayacaklardı. Döteryum çekirdekleri de başka

proton ve nötronlarla birleşerek, iki proton ve iki nötron içeren helyum

çekirdekleri ve az miktarda da daha ağır lityum ve berilyum elementleri

oluşturacaktı. Sıcak büyük patlama modelinden proton ve nötronların yaklaşık

dörtte birinin, helyum çekirdeği ve az miktarda ağır hidrojen ile başka

elementlere dönüşmüş olacağı hesaplanabilir. Nötronların geri kalanı bozunarak

normal hidrojen atomların çekirdeği olan protonlara dönüşür.

Sıcak bir ilk aşamaya ilişkin bu evren tablosu ilk kez öğrencisi Ralph Alpher

(Alfer) ile 1948'de yazdığı ünlü makalesinde bilimci George Gamow tarafından

ortaya kondu. Gamow'un oldukça keskin bir mizah anlayışı vardı. Çekirdek

bilimcisi Hans Bethe'yi (Bethe) ikna edip onun ismini de makaleye koyarak,

makaleyi yazanlar listesini "Alpher, Bethe ve Gamow" yaptı; Yunan abecesinin

ilk üç harfi olan alfa, beta ve gamma'ya benzesin diye. Bu, evrenin başlangıcı

üzerine bir makale için pek de uygundu! Bu makalede evrenin çok sıcak ilk

aşamalarındaki ışımanın (fotonlar biçiminde) bugün hala varolması gereğini ama

sıcaklığının mutlak sıfırdan (eksi 273 derece) yalnızca birkaç derece yukarıya

kadar düşmüş olacağı yolundaki olağanüstü öngörüde bulundular. Penzlas ve

Wilson'un 1965'te buldukları işte bu ışımaydı. Alpher, Bethe ve Gamow

makalelerini yazdıkları sırada proton ve nötronların çekirdeksel reaksiyonlarına

ilişkin fazla şey bilinmiyordu. Bundan dolayı ilk evrendeki elementlerin

orantılarına ilişkin o zamanki hesaplar oldukça hatalıydı ama bu hesapları

bugünkü bilginlerimizin ışığında yinelediğimizde gözlemlediğimizle çok iyi

uyuşan sonuçlar elde ediyoruz. Ayrıca, evrende niye bu denli fazla miktarda

helyum olduğunu başka türlü açıklamak çok zor. Şu halde görüşümüzün, en

azından büyük patlamanın bir saniye sonrasından bu yana, doğru olduğundan

kuşkumuz yok.

Büyük patlamadan sonraki birkaç saat içinde helyum ve diğer elementlerin

oluşumu duracaktır. Ve bundan sonraki bir milyon yıl kadar sürede, evren pek bir

şey olup bitmeden, yalnızca genişlemeyi sürdürüyor olacaktır. Sıcaklık giderek

birkaç bin dereceye düşünce elektronlar ile çekirdekler, aralarındaki

elektromanyetik çekime dayanacak enerjiyi yitirerek birleşip atomları

oluşturmaya başlayacaktır. Evren bir bütün olarak genişlemeyi ve soğumayı

sürdürecek ama ortalamadan biraz yoğun bölgelerde çekimsel kuvvetin daha

fazla oluşu nedeniyle genişleme yavaşlamış olacaktır. Bu, bazı bölgelerin

genişlemeyi durdurup çökmeye başlamasına yol açacaktır. Bu bölgeler çökerken,

dışındaki maddelerin kütlesel çekimi olanları hafifçe döndürmeye başlayabilir.

Çöken bölge küçüldükçe dönmesi hızlanacaktır -buz patencisinin, buz üstünde

dönerken kollarını içe bükünce dönüşünün hızlanması gibi. Sonunda bölge

yeterince küçülünce, kütlesel çekimi dengelemeye yetecek bir hızda dönecek ve

bu yolla disk biçiminde galaksiler doğmuş olacaktır. Dönme hareketini

başlatamayan öteki bölgeler ise eliptik galaksi denilen oval biçimde nesneleri

oluşturacaklardır. Bunlarda bölgenin çöküşünün durma nedeni, galaksinin tümü

dönmediğine göre, tek tek parçalarının, galaksinin özeği etrafında dönmesi

olacaktır.

Zaman ilerledikçe galaksilerdeki hidrojen ve helyum gazları, kendi

kütlelerinin çekimi altında çöken küçük bulutlara bölüneceklerdir. Bulutlar

büzüldükçe ve içlerindeki atomlar birbiriyle çarpıştıkça gazın sıcaklığı artacak

ve giderek çekirdek kaynaşması reaksiyonu başlatacak kadar ısınacaktır.

Reaksiyon sonucu hidrojen daha fazla helyuma dönüşecek ve açığa çıkan ısı,

basıncı yükselterek bulutları daha fazla büzülmekten alıkoyacaktır. Güneşimize

benzer bir yıldız olarak, hidrojeni yakıp helyuma dönüştürerek çıkan enerjiyi ısı

ve ışık biçiminde yayacak ve bu kararlı durumda çok uzun süre kalabileceklerdir.

Daha kütleli yıldızlar daha kuvvetli olan kütlesel çekimlerini dengeleyebilmek

için daha sıcak olmak zorundadırlar. Bu da çekirdek kaynaşması reaksiyonunu o

denli hızlandım ki, bu yıldızlar hidrojenlerini yüz milyon yıl kadar kısa bir

sürede bitirirler. O zaman biraz büzülecekler ve ısınmaları arttıkça bu kez

helyumu karbon ya da oksijen gibi daha ağır elementlere dönüştürmeye

başlayacaklardır. Ancak bundan, daha fazla enerji açığa çıkmayacak ve kara

deliklerle ilgili bölümde anlatıldığı üzere bir bunalıma varılacaktır. Daha sonra

ne olacağı ise tümüyle açık değil ama yıldızın özeğine yakın bölgelerin çökerek

nötron yıldızı ya da kara delik gibi çok yoğun bir duruma gelecekleri olası

görünüyor. Yıldızın dış bölgeleri bazen parlaklığıyla kümedeki öteki yıldızları

bastıran korkunç bir süpernova patlaması ile savrulacaktır. Yıldızın ömrünün

sonuna doğru oluşan ağır elementlerin bir bölümü galaksideki gaza eklenmiş

olacak ve bir sonraki kuşak yıldızların hammaddesine katkıda bulunacaktır.

Bizim kendi güneşimiz bu daha ağır elementlerden yüzde iki oranında içerir,

çünkü o da eski süpernovaların kalıntılarını içeren dönen bir gaz bulutundan beş

milyar yıl kadar önce oluşmuş ikinci ya da üçüncü kuşak bir yıldızdır. O

buluttaki gazın çoğu ya güneşin oluşumuna gitti ya da uçup uzaklaştı, ama ağır

elementlerin küçük bir miktarı bir araya gelerek bugün güneşin etrafında dönen

cisimleri, aralarında dünyamızın da bulunduğu gezegenleri oluşturdu.

Dünya ilk önceleri çok sıcaktı ve atmosferi yoktu. Zamanla soğudu ve

kayalardan çıkan gazlardan bir atmosfer edindi. Bu ilk atmosfer, içinde

yaşayabileceğimiz gibi değildi. içinde oksijen yerine bulunan çok sayıda başka

gaz vardı, örneğin hidrojen sülfit (çürük yumurtaya kokusunu veren gaz) bizim

için çok zehirlidir. Bununla birlikte bu koşullar altında serpilebilen ilkel başka

yaşam biçimleri vardır. Bunların, atomların irimoleküller denen daha büyük

yapılar oluşturacak biçimde rastgele birleşmesi sonucu okyanuslarda gelişmiş

oldukları düşünülüyor. Bunlar okyanustaki başka atomları da aynı yapılarda bir

araya getirme yeteneğini taşıdıklarından kendilerini üretip çoğalacaklardı. Kimi

durumlarda üremede hatalar olacaktı. Bu hatalar çoğunlukla yeni irimolekülün

kendini üretememesi ve sonunda yitip gitmesi ile sonuçlanacaktı. Ancak bazı

hatalar ise kendilerini üretmekte daha çok yetenekli yeni irimolekülleri

oluşturacaktı. Böylece oluşan yeni irimoleküller bu üstünlükleri ile başlangıçtaki

irimoleküllerin yerine geçme eğiliminde olacaklardı. Bu yolla, gittikçe daha da

karmaşık kendini üreten organizmaların gelişimi yönünde ilerleyen bir evrim

süreci başlatılmış olacaktı. ilk ilkel yaşam biçimleri hidrojen sülfatı da içeren

değişik maddeleri kullanıp oksijen salıyordu. Bu, atmosferi yavaş yavaş

değiştirerek bugünkü bileşimine getirdi ve balıklar, sürüngenler, memeliler ve en

sonunda insan ırkı gibi daha ileri yaşam biçimlerinin gelişmesine olanak tanıdı.

Çok sıcak başlayan ve genişledikçe soğuyan bu evren tablosu bugün

elimizdeki gözlemsel kanıtlara uyuyor. Yine de, birtakım önemli sorular yanıtsız

kalıyor.

1. Evren başlangıcında niçin öylesine sıcaktı?

2. Evren büyük ölçekte niye o kadar düzgün? Uzaydaki her noktadan ve her

yönde niye aynı gözüküyor? Özellikle, değişik yönlere baktığımızda, zemindeki

mikrodalga ışımasının sıcaklığı niçin yaklaşık aynı? Bu biraz sınıftaki

öğrencilerin sınav kağıtlarını değerlendirmeye benziyor. Hepsinin yanıtı tıpatıp

aynı ise birbirlerinden kopya çektiklerinden emin olabilirsiniz rahatça. Ama

yukarda betimlenen modelde büyük patlamadan sonra ışığın bir yerden ötekine

ulaşması için yeterince zaman olmayacaktır, evrenin ilk evrelerinde bölgeler

birbirlerinden çok uzak değilse de. Görelik kuramına göre bir bölgeden ötekine

ışık gidemiyorsa başka hiçbir bilgi gidemez. Bundan dolayı evrenin ilk

evrelerinde başka başka bölgelerin aynı sıcaklıkta olmalarının, belirsiz herhangi

bir nedenle aynı sıcaklıkla başlamaları dışında başka herhangi bir yolu olamaz.

3. Evren, niçin çöken modellerde sonsuza dek genişleyen modelleri ayıran

kritik hıza çok yakın bir hızla genişlemeye başladı, öyle ki şimdi, on milyar yıl

sonra bile, hala kritik hıza yakın bir hızla genişlemekte? Büyük patlamadan bir

saniye sonraki genişleme hızı, yalnızca yüz bin milyarda bir oranında az olsaydı

bile, evren daha bugünkü büyüklüğüne erişmeden çökmüş olurdu.

4. Evrenin büyük ölçekte çok düzgün ve tekdüze olduğu gerçeğine karşın,

yıldızlar ve yıldız kümeleri gibi yerel düzensizlikler var. Bunların ilk zamanlarda

bir bölgeden ötekine yoğunluğun biraz farklı oluşundan kaynaklandığı

düşünülüyor. Peki, yoğunluğun bu düzensiz değişiminin kaynağı neydi?

Genel görelik kuramı kendi başına bu özellikleri açıklayamaz ve de bu

soruları yanıtlayamaz, çünkü büyük patlama tekilliğinde evrenin sonsuz

yoğunlukta olduğu öngörülür. Tekillikte genel görelik ve tüm diğer fizik yasaları

geçerliliğini yitirir, tekillikten ne çıkacağı kestirilemez. Daha önce açıklandığı

gibi, bu demektir ki; büyük patlama ve ondan önceki olaylar kuramın

kapsamından çıkarılıp atılabilir, çünkü gözlemlerimiz üzerinde hiçbir etkileri

olamaz. Uzay -zamanının bir sınır- büyük patlamada bir başlangıcı olacaktır.

Bilim, evrenin, herhangi bir anda durumunu biliyorsak daha sonra nasıl

ilerleyeceğini, belirsizlik ilkesinin belirlediği sınırlar içinde söyleyebilen bir

yasalar takımı ortaya çıkarmış durumda. Bu yasalar aslında Tanrı tarafından

buyurulmuş olsa da öyle görülüyor ki Tanrı o andan sonra hiç işe karışmadan,

evreni yasalarına uygun biçimde gelişmeye bırakmış. Ama evrenin ilk durumunu

ya da başlangıç koşullarını nasıl seçmiş? Zamanın başlangıcındaki "sınır

koşulları" neydi?

Buna, Tanrı evrenin ilk durumunu, anlamayı umamayacağımız nedenlerle

seçti biçiminde bir yanıt verilebilir. Her şeye gücü yeten varlığın gücü kuşkusuz

buna da yeter ama böylesine anlaşılmaz bir biçimde başlattıysa evreni, niçin

anlayabileceğimiz yasalara uyarak evrimlemeye bıraktı? Bilim tarihi tümüyle

olayların keyfi bir tarzda oluşmayıp, tanrısal olsun olmasın belli bir kurulu

düzeni yansıttığının yavaş yavaş farkına varılışıdır. Bu düzenin yalnızca yasalar

için değil, evrenin ilk durumunu belirleyen uzay-zamanın sınırındaki koşullar

için de geçerli olduğunu varsaymak çok doğal olacaktır. Hepsi de yasalara uyan,

ilk koşulları değişik çok sayıda evren modeli bulunabilir. Evrenimizi

tanımlayacak belli bir ilk durumu ve dolayısıyla bir modeli seçmemiz için bir

ilke olmalı.

Aradığımız ilke, düzensiz sınır koşullarında olabilir. Bu koşullar, açıkça

belirtmeden evrenin ya sonsuz büyüklükte olduğunu, ya da sonsuz sayıda evren

bulunduğunu varsayarlar. Düzensiz sınır koşulları altında, büyük patlamadan

sonra uzayın belirli bir bölgesini belirli bir durumda bulmanın olasılığı ile aynı

bölgeyi başka herhangi bir durumda bulmanın olasılığı, bir anlamda aynıdır;

aynı evrenin ilk durumu tamamen gelişigüzel seçilmiştir. Bu, evrenin ilk

evrelerde büyük bir olasılıkla düzensiz ve karmakarışık olduğu anlamına gelir,

çünkü evrenin düzensiz ve karmakarışık bulunabileceği durumlar, düzenli ve

düzgün bulunabileceği durumlardan sayıca çok daha fazladır. (Her durum eşit

olasılıkta ise, evrenin düzensiz ve karmakarışık durumda başlaması daha

olasıdır, çünkü bu durumlar daha çoktur). Böylesine düzensiz ilk koşulların,

bugün büyük ölçekte böylesine düzgün ve düzenli evrenimizin çıkış noktası

olabileceğini kavramak çok zor. Ayrıca, böyle bir modeldeki düzensiz yoğunluk

değişimlerinin gama ışını gözlemlerinden saptanan üst sınırdan çok daha fazla

sayıda erken kara deliğin oluşumuyla sonuçlanması beklenirdi.

Evren eğer gerçekten sonsuz büyüklükteyse, ya da sonsuz sayıda evren varsa

bir yerlerde düzgün ve düzenli bir biçimde başlamış birtakım büyük bölgelerin

bulunma olasılığı da vardır. Bu biraz, çok bilinen, maymun sürüsünün

daktiloların başında habire tuşlara basması öyküsüne benziyor. Maymunların

yazdıklarının hemen hepsi saçma sapan olsa da tamamen rastgele bir biçimde ve

tamamen şans eseri Shakespeare'in (şekspir) sonelerinden biri ortaya çıkacaktır.

Benzeri biçimde evren bağlamında, şans eseri düzgün ve düzenli bir bölgede

yaşıyor olabilir miyiz? ilk bakışta bu oldukça zayıf olasılıkta görünebilir, çünkü

böylesine düzgün bölgeler düzensiz ve karmakarışık bölgelerden çok daha az

sayıdadır. Ama, ancak düzgün bölgelerde yıldız kümeleri oluşabileceğini ve

koşulların kendimiz gibi karmaşık, kendini üretebilen ve "Evren niçin böyle

düzgün?" sorusunu sorabilen organizmaların gelişimi için uygun olabileceğini

düşünelim. Bu, "Evreni böyle görmemizin nedeni varlığımızdır" tümcesiyle de

açıklanabilecek "insancı" dediğimiz ilkenin uygulandığı bir örnektir.

İnsancı ilkenin iki yorumu vardır; zayıfı ve güçlüsü. Zayıf insancı ilke,

uzayda ve/veya zamanda sonsuz ya da çok, büyük bir evrende, zeki yaratıkların

gelişimi için gereken koşulların ancak uzayda ve zamanda sınırlı, belli

bölgelerde sağlanacağını belirtir. Bundan dolayı bu bölgelerdeki zeki yaratıklar

evrende bulundukları yerin kendi varlıkları için gereken koşulları sağladığını

gözlemlediklerinde şaşırmayacaklardır. Zengin bir kişinin varlıklı mahallerde

yoksul görmesini andırır biraz bu.

Zayıf insancı ilkenin kullanıldığı bir örnek, büyük patlama olayının niçin

yaklaşık on milyar yıl önce olduğunun "açıklaması"dır. Zeki varlıkların

evrimleşmesi için yaklaşık o kadar süre gerekir. Yukarıda açıklandığı gibi, önce

ilk kuşak yıldızlar oluşmalıydı. Bu yıldızlar baştaki hidrojen ve helyumun bir

bölümünü bizim anamaddemiz olan karbon ve oksijen gibi elementlere

dönüştürdüler. Sonra, yıldızlar süpernova biçiminde patladılar ve döküntüleri

aralarında şimdi yaklaşık beş milyar yaşında olan güneş sistemimizin de

bulunduğu diğer yıldız ve gezegenleri oluşturdu. Dünyanın varoluşunun ilk bir

iki milyar yılı içinde sıcaklık herhangi karmaşık bir varlığın gelişimi için çok

yüksekti. Sonraki üç milyar kadar yıl, basit organizmalardan zamanı büyük

patlamaya dek ölçme yetisinde varlıklara doğru yavaşça ilerleyen biyolojik

evrim sürecine ancak yetti.

Zayıf insancı ilkenin geçerliğini ya da yararlığını çok az kişi sorgular. Ancak

bazıları daha ileri gidip ilkenin güçlü yorumunu öneriyorlar. Bu yoruma göre,

her biri kendi ilk durumuna ve belki de kendi bilim yasaları takımına sahip çok

sayıda değişik evrenler ya da tek bir evrenin çok sayıda değişik bölgeleri vardır.

Bu evrenlerin çoğunda koşullar karmaşık organizmaların gelişimine uygun

olmayacaktır; yalnızca bizimki gibi bazı evrenlerdeki zeki yaratıklar gelişip şu

soruyu sorabileceklerdir: "Evren niçin gördüğümüz gibi?" O zaman yanıt

basittir. Başka türlü olsaydı, biz burada olmazdık!

Bilim yasaları, şimdi bildiğimiz biçimiyle, elektronun elektrik yükünün

niceliği ve proton ve elektronun kütlelerinin oranı gibi pek çok temel sayı içerir.

En azından şimdilik, bu sayıların değerlerini kuramdan çıkarsayamıyoruz -ancak

gözlemlerden bulabiliyoruz. Bunların hepsini çıkarsayabileceğimiz tam bir

birleşik kuramı bir gün ortaya koyabileceğimiz gibi, aslında hepsi evrenden

evrene ya da tek bir evrenin içinde değişiyor olabilir. Şaşılası gerçek ise bu

sayıların değerlerinin yaşamın gelişimini olanaklı kılmak için çok ince ayar

edilmiş gibi gözükmesi. Örneğin, elektronun elektrik yükü azıcık değişik olaydı

yıldızlar ya da hidrojen ve helyumu yakamayacak, ya da patlamayacaktı. Doğal

olarak, bilim kurgu yazarlarının bile daha düşlemediği, güneş gibi bir yıldızın

ışığına ya da yıldızlara yapılıp yıldız patlayınca uzaya saçılan ağır kimyasal

elementlere gereksinim duymayan, başka zeki yaratıklar varolabilir. Yine de,

şurası açık ki, bu sayıların herhangi bir zeki yaratığın gelişimin olanaklı

kılabilecek değerleri, sınırlı belli aralıklar içindedir. çoğu değer takımları, çok

güzel olsalar da bu güzelliğe bakıp hayran kalacak kimsenin olmayacağı

evrenlere yol açacaktır. Bu, Yaradılış'ta ve bilim yasalarının seçiminde tanrısal

bir ereğin kanıtı olarak, ya da güçlü insancı ilkenin bir desteği olarak görülebilir.

Evrenin gözlemlenen durumunun bir açıklaması olarak güçlü insancı ilkeye

çeşitli yönlerden karşı çıkılabilir. İlkin, bu başka başka evrenlerin hangi anlamda

varoldukları sorulabilir. Eğer gerçekten birbirlerinden ayrıysalar, bir başka

evrende olup bitenlerin kendi evrenimizde gözlemlenebilecek bir sonucu

olamaz. O halde, tutumluluk ilkesini kullanıp onları kuramdan kesip atabiliriz.

Öte yandan, tek bir evrenin başka başka bölgeleri iseler bilim yasaları her

bölgede aynı olmalıdır, yoksa bir bölgeler arasındaki ayırım yalnızca ilk

durumları arasında olacak ve böylece güçlü insancı ilke kuvvetini yitirerek zayıf

insancı ilkeye dönüşecekti.

Güçlü insancı ilkeye karşı çıkış ise bilim tarihi akışına tamamen zıt yönde

oluşundandır. Batlamyus'un ve ondan öncekilerin dünya özekçi evrenbiliminden

Kopernik ve Galileo'nun güneşözekçi evrenbilimine, ve oradan yerkürenin,

gözlemlenen evrendeki yaklaşık bin milyar yıldız kümesinden yalnızca biri olan

sıradan bir sarmal yıldız kümesinin kenar bir mahallesindeki ortalama bir

yıldızın etrafında dönen orta çapta bir gezegen olarak ele alındığı çağdaş görüşe

geldik. Güçlü insancı ilke yine tüm bu engin yapının bizim hatırımız için

varolduğunu ileri sürecektir. İşte buna inanmak çok zor. Güneş Sistemi'mizin

kuşkusuz varlığımız için bir önkoşul oluşu, ağır elementleri yaratmış olan önceki

kuşak yıldızların da yıldız kümemizin tümü için gerekli olduğu biçiminde

genişletebilir. Ama ne tüm bu diğer yıldız kümelerine ne de evrenin böylesine

düzgün ve büyük ölçekte her yönde aynı oluşuna gerek var.

Evrenin birçok sayıda değişik ilk durumlarının gözlemlediğimiz gibi bir

evrene yol açabileceği gösterilebilseydi, insancı ilkeyi, en azından zayıf

yorumuyla, kabullenmekte zorluk çekmeyecektik. Bu durumda, bir anlamda

rastgele ilk koşullardan yola çıkan bir evrende düzgün ve zeki canlıların

evrimine uygun birtakım bölgeler bulunmalıdır. Öte yandan, evrenin ilk

durumunun çevremizde gördüklerimize varabilmek için çok dikkatle seçilmesi

gerekseydi, evrende canlıların ortaya çıkacağı hiçbir bölge olmayabilecekti.

Yukarıda anlatılan büyük patlama modelinde, evrenin ilk evrelerinde bu ısının

bir bölgeden ötekine akışı için yeterli zaman yoktu. Bu, mikrodalga zemin

ışımasının baktığımız her yönde aynı sıcaklıkta oluşu gerçeğinin hesabını

verebilmek için, evrenin ilk durumunda sıcaklığın her yerde aynı olması

gerekeceği anlamına gelir. Aynı zamanda, genişleme hızının çöküşten kaçınmak

için gerekli kritik değere hala bu denli yakın olabilmesi için, genişlemenin

başlangıç hızının da büyük bir dikkatle seçilmiş olması gerekecekti. Yani, sıcak

büyük patlama modeli ta zamanın başlangıcına dek doğruysa, evrenin ilk

durumu doğrusu çok dikkatle seçilmiş olmalıdır. Evrenin niçin tam bu biçimde

başlamış olduğunu, bizim gibi varlıkları yaratmaya niyetlenmiş bir Tanrı'nın işi

olmasının dışında, açıklamak çok zor olacaktı.

Çok sayıda değişik ilk durumların bugünküne benzer bir evrende

sonuçlanabildiği bir evren modeli bulabilme çabasıyla. Massachusetts Institute

of Tecnology'den bilimci Alan Guth (Gut), evrenin ilk evrelerde çok hızlı bir

genişleme sürecinden geçmiş olabileceğini öne sürdü. Buna, "şişen" bir

genişleme denir, yani evren bir zamanlar, bugün olduğu gibi azalan bir hızla

değil artan bir hızla genişlemekteydi. Guth'a göre, evrenin yarıçapı saniyenin çok

küçük bir parçası içinde milyon kere milyon kere milyon kere milyon kere

milyon katı (1'den sonra otuz sıfır) artmıştı.

Guth, evrenin büyük patlamayla çok sıcak ve fakat oldukça düzensiz bir

durumda başladığını öne sürdü. Bu yüksek sıcaklıklar, evrendeki parçacıkların

çok hızlı devindikleri ve çok yüksek enerjiye sahip oldukları anlamına

gelmekteydi. Daha önce tartıştığımız gibi, böylesine yüksek sıcaklıklarda, güçlü

ve zayıf çekirdek kuvvetlerinin ve elektromanyetik kuvvetin tek bir kuvvet

olarak birleşmiş olmaları beklenir. Evren genişledikçe soğuyacak ve

parçacıkların enerjileri azalacaktı. Sonunda, faz geçişi denen olay ile kuvvetler

arasındaki bakışım bozulacaktı: güçlü kuvvet zayıf ve elektromanyetik

kuvvetlerden ayrılacaktı. Faz geçişinin bilinen bir örneği, suyu soğuttuğunuzda

donmasıdır. Sıvı su her noktada ve her yönde aynı biçimde bakışıktır. Ama buz

kristalleri oluştuğunda bunlar belirli konumlarda bulunacaklar ve belli bir yönde

sıralanacaklardır. Bu suyun bakışımını biraz bozar.

Su örneğinde, sıcaklık donma derecesinin (sıfır derece santigrad) altına

dikkatli bir biçimde düşürülürse buz oluşmadan suyu "süpersoğutmak"

olanaklıdır. Guth, evrenin de benzer biçimde davranmış olabileceğini öne sürdü:

kuvvetler arasındaki bakışım bozulmadan sıcaklık kritik değerin altına düşebilir.

Bu olduysa, evren bakışımın bozulmamış olduğu durumdakinden daha fazla

enerji ile kararsız bir durumda olacaktır. Bu fazladan enerjinin, bir karşıçekim

etkisi olacağı gösterilebilir. Tıpkı, Einstein'ın, evrenin statik modelini kurmaya

çalışırken, genel görelik kuramına soktuğu evrenbilimsel sabit gibi

davranacaktır. Evren, sıcak büyük patlama modelindeki gibi zaten genişliyor

olacağından, bu evrenbilimsel sabitin itici etkisi evrenin böylece gittikçe artan

bir hızla genişlemesine yol açacaktır. Madde parçacıklarının ortalamadan fazla

olduğu bölgelerde bile, geçerli evrenbilimsel sabitin itmesi, maddenin kütlesel

çekimine baskın çıkacaktır. Böylece, bu bölgeler de, artan bir hızla, şişen bir

biçimde genişleyecektir. Onlar genişleyip madde parçacıkları birbirinden daha

da uzaklaştıkça, ortada hala süpersoğuk durumda ve içinde pek az parçacık

bulunan genişleyen bir evrenden başka bir şey kalamayacaktır. Evrendeki

düzensizlikler genişleme sonucu, balonu şişirdiğinizde üzerindeki kırışıklıkların

kaybolması gibi, tamamen düzelmiş olacaktır. Böylelikle evren bugünkü düzgün

ve düzenli durumuna düzgün olmayan, çok sayıda değişik ilk durumdan yola

çıkarak gelmiş olabilir.

Genişlemenin, maddelerin kütlesel çekimiyle yavaşlayacağına, bir

evrenbilimsel sabitin etkisiyle hızlandığı böyle bir evrenin ilk evrelerinde, ışığın

bir bölgeden ötekine ulaşabilmesi için yeterince zaman olacaktır. Bu, daha önce

ortaya koyduğumuz, evrenin ilk evrelerinde başka başka bölgelerin niçin aynı

özellikleri sahip olduğu sorusuna bir çözüm getirebilir. Ayrıca, evrenin

genişleme hızı kendiliğinden, evrenin enerji yoğunluğu ile belirlenen kritik hıza

çok yakın olacaktır. O halde bu, evrenin başlangıçtaki genişleme hızının dikkatle

seçilmiş olmasını gerektirmeden, genişleme hızının niçin hala kritik hıza

böylesine yakın oluşunu açıklayabilir.

Şişme kavramı aynı zamanda, evrende niçin bu denli çok madde olduğunu da

açıklayabilir. Evrenin gözlemleyebildiğimiz bu bölgesinde, milyon kere milyon

kere milyon kere milyon kere milyon kere milyon kere milyon kere milyon kere

milyon kere milyon kere milyon kere milyon kere milyon kere milyon (1 'den

sonra seksen sıfır) kadar parçacık var. Bunlar nereden gelmişler acaba? Yanıtı şu:

Tanecik kuramına göre, parçacıklar enerjiden, parçacık / karşıparçacık çiftleri

biçiminde yaratılabilir. Ancak bu kez, enerjinin nereden geldiği sorusu belirir.

Buna da yanıt, evrenin toplam enerjisinin tam tamına sıfır olduğudur. Evrendeki

madde, artı enerjiden oluşmuştur. Ancak madde kendi kendisini kütlesinden

dolayı çekmektedir. Birdenbire yakın iki madde parçası, birbirine uzak aynı iki

madde parçasından daha az enerjiye sahiptir, çünkü onları birbirine doğru çeken

kütlesel çekim kuvvetine karşı koyarak ayırmanız için enerji harcamanız gerekir.

Şu halde, kütlesel çekim alanının bir anlamda eksi enerjisi vardır. Uzayda,

kabaca düzgün dağılmış bir evren gözönüne alındığında, bu eksi kütlesel çekim

enerjisinin, maddenin taşıdığı artı enerjiyi tastamam götürdüğü gösterilebilir.

Böylelikle evrenin toplam enerjisi sıfırdır.

Ayrıca, sıfır kere sıfır, sıfırdır. Bundan dolayı evren, artı madde enerjisinin

miktarını iki katına çıkarırken, enerjinin sakınımını çiğnemeden eski kütlesel

çekim enerjisini de iki katına çıkarabilir.

Evren büyüdükçe madde enerjisi yoğunluğunun azaldığı olağan

genişlemesinde bu gerçekleşmez. Ama, şişen genişlemede gerçekleşebilir, çünkü

süpersoğutulmuş durumda evren genişlerken enerji yoğunluğu değişmez.

Evrenin büyüklüğü iki katına çıktığında, artı madde enerjisi de eski çekim

enerjisi de iki katına çıkar; böylece toplam enerji sıfır olarak kalır. Şişme

aşamasında evrenin büyüklüğü çok katı artar. Bundan dolayı, parçacık

oluşturmaya hazır toplam enerji miktarı çok büyür, Guth'un belirttiği gibi;

"Bedava yemek olmaz, denir ama evrenin kendisi, en bedava yemek".

Bugün evren, şişen bir biçimde genişlemiyor. O halde, çok büyük olan

evrenbilimsel sabitin etkisini yokedecek ve böylece genişlemenin hızını

artandan, bugün olduğu gibi kütlesel çekimin etkisiyle azalana değiştirecek bir

düzen olmalı. Şişen genişlemede, nasıl ki süpersoğutulmuş su eninde sonunda

donarsa, kuvvetler arasındaki bakışımın da sonunda bozulması beklenebilir.

Bozulmamış bakışım durumunun fazladan enerjisi, o zaman ısı biçiminde açığa

çıkarak evreni kuvvetler arasındaki bakışım için gereken kritik sıcaklığın biraz

altında bir sıcaklığa getirecektir. Böylelikle evren, sıcak büyük patlama

modelindeki gibi, genişleyip soğumayı sürdürecek ancak bu kez evrenin niçin

kritik hızda genişlediği ve değişik bölgelerin niçin aynı sıcaklıkta olduğu

açıklanabilecektir.

Guth'un önerisinde faz geçişinin, çok soğuk suda buz kristallerinin

belirlemesini andırır biçimde aniden olacağı ileri sürülmüştü. Bu düşünceye göre

kaynayan sudaki buhar kabarcıkları gibi eski fazın içinde, yeni fazla ilişkin

bozulan bakışım "kabarcıkları" oluşacaktı. Kabarcıkların genişleyip birbirlerine

ulaşacakları ve sonunda tüm evreni yeni faza geçirecekleri varsayılıyordu.

Buradaki sorun, başkalarıyla birlikte benim de işaret ettiğim gibi, evren o denli

hızlı genişlemekteydi ki, ışık hızıyla bile büyüseler kabarcıkların birbirlerinden

uzaklaşacakları ve birleşemeyecekleriydi. Evren, değişik kuvvetler arasında

bakışımın hala sürdüğü bazı bölgelerin bulunduğu çok karışık bir durumda

kalacaktı. Evrenin böylesi bir modeli, gördüğümüzle uyuşmayacaktı.

Ekim 1981'de, tanecik çekimi konusunda bir konferansa katılmak için

Moskova'ya gitmiştim. Konferanstan sonra, Sternberg Gökbilimi Enstitüsü'nde

şişen model ve sorunları üzerine bir seminer verdim. Dinleyiciler arasında

Moskova'daki Lebedev Enstitüsü'nden Andrei Linde (Linde) adında genç bir Rus

vardı. Bana, kabarcıklar evrendeki bölgemizin tümü tek bir kabarcığın içinde

kalacak denli büyük iseler, kabarcıkların birleşmemesi sorununun kalmayacağını

söyledi. Bunun geçerli olabilmesi için bakışımın bozulması olayının kabarcığın

içinde, çok yavaş gerçekleşmesi gerekiyordu; bu da büyük birleşik kuramlara

göre pekala olanaklıydı. Linde'nin bakışımın yavaş bozulması düşüncesi çok

iyiydi ama sonradan kabarcıklarının o zamanki evrenden daha büyük olması

gerekeceğinin farkına vardım! Bakışımın yalnızca kabarcıkların içinde değil de,

her yerde aynı anda bozulacağını gösterdim. Bu, gözlemlediğimiz gibi düzgün

bir evrene yol açacaktı. Bu düşünce beni o denli heyecanlandırdı ki, hemen

öğrencilerimden biri olan Ian Moss'a (Mos) açtım. Ancak daha sonra bir bilimsel

dergiden, basıma uygun olup olmadığını değerlendirmem için Linde'nin

makalesi gönderilince, bir arkadaşı olarak çok utandım. Kabarcıkların evrenden

daha büyük oluşuna ilişkin bir hata bulunduğu, ama bakışımın yavaş bozulması

düşüncesinin çok iyi olduğu biçiminde yanıtladım. Makalenin olduğu gibi

yayınlanmasını salık verdim, çünkü Linde'nin yanlışı düzeltmesi aylar alacak ve

Batı'ya göndereceği her şeyin bilimsel makalelerde ne çabuk ne de becerikli olan

Sovyet sansüründen geçmesi gerekecekti. Bunun yerine Ian Moss ile birlikte

aynı dergiye, kabarcığa ilişkin bu soruna işaret eden ve çözümünü gösteren kısa

bir makale yazdık.

Moskova'dan döndüğüm gün, Franklin Institute'tan alacağım madalya için

Philadelphia'ya doğru yola çıktım. Sekreterim Judy Fella, gözden kaçmayan

çekiciliğini kullanarak, Britsh Airways'i, reklam için, kendine ve bana Concorde

uçağında bedava bilet vermeye ikna etmişti. Ancak, şiddetli yağmur nedeniyle

havaalanına zamanında varamadım ve uçağı kaçırdım. Buna karşın, sonunda

Philadelphia'ya varabildim ve madalyamı aldım. Orada şişen evren üzerine bir

seminer vermem istendi. Seminer boyunca, Moskova'da olduğu gibi, şişen

modelin sorunları üzerinde konuştum, fakat sonunda Linde'nin yavaş bakışım

bozulmasına ve buna ilişkin düzeltmeme değindim. Dinleyiciler arasında

University of Pennsylvania'dan genç bir yardımcı profesör, Paul Steinhardt

(Staynhart) vardı. Seminerin ardından, şişme üzerine konuştuk. Ertesi Şubat

ayında, bana, Andreas Albercht (Albreht) adlı bir öğrencisi ile birlikte

yazdıkları, için de Linde'nin yavaş bakışım bozulması düşüncesine çok benzer

bir şey önerdikleri bir makaleyi gönderdi. Daha sonra bana, Linde'nin

düşüncesini ona anlattığımı anımsamadığını ve Linde'nin makalesini ise, ancak

tam kendisininkini bitirirken gördüğünü söyledi.\* Batıda, bakışımın yavaş

bozulması düşüncesine dayalı "yeni şişen model" için Linde'nin şeref payına

bugün, Steinhardt ve Albercht de ortak sayılıyorlar. (Eski şişen model, Guth'un,

kabarcıkların oluşumuyla bakışımın hızlı bozulduğu yolundaki özgün

önerisiydi.)

*\*Ç.N. Şimdi Profesör olan Steinhardt, seminerin video kaydını Hawking'e göndererek seminerde*

*Linde'nin çalışmasından söz edilmediğini kanıtladı. Bunun üzerine Hawking bu paragrafı ileriki*

*basımlardan çıkaracağını duyurdu.*

Yeni şişen model, evrenin niçin böyle olduğunu açıklamaya yönelik iyi bir

girişimdi. Ancak, ben ve başka birçokları gösterdik ki, bu model en azından ilk

biçimiyle mikrodalga zemin ışımasının sıcaklığına ilişkin, gözlemlenenden çok

daha büyük değişmeler öngörmekteydi. Daha sonraki çalışmalar da, ilk anlarda

evrende istenen türde bir faz geçişi olabileceği konusunda kuşku uyandırdı.

Kişisel görüşüme göre, çürütülüşünden haberdar olmayıp hala geçerliymiş gibi

hakkında makaleler yazan birçok kişi bulunmasına karşın, yeni şişen model,

bilimsel bir kuram olarak artık ölüdür. Karmakarışık şişen model denilen daha

iyi bir model Linde tarafından 1983'te ileri sürüldü. Bu kez faz geçişi ya da

süpersoğutma yoktu. Bunların yerine, tanecik değişimlerinden dolayı ilk evrenin

bazı bölgelerinde değeri büyük olan 0-dönme'li bir alan vardı. Bu bölgelerdeki

alanın enerjisi bölgelerin şişen bir tarzda genişlemesine yol açacaktı. Bölgesel

etkide bulunacak ve bundan dolayı bu bölgelerin şişen bir tarzda genişlemesine

yol açacaktı. Bölgeler genişledikçe, içlerindeki alanın enerjisi yavaş yavaş

azalarak şişen genişleme, büyük patlama modelindeki gibi bir genişlemeye

dönüşecekti. Bu bölgelerden biri, bugün gözlemlediğimiz evreni oluşturacaktı.

Bu modelde daha önceki şişen modellerin iyi yanları vardır ve ayrıca kuşkulu bir

faz geçişine de bel bağlamaz; üstelik, mikrodalga zemin ışımasının

sıcaklığındaki değişmeler için, gözlemlerle uyuşan akla uygun değerler

verebilmektedir.

Şişen modeller üzerindeki bu çalışmalar, evrenin şimdiki durumuna oldukça

çok sayıda değişik ilk durumlardan varılabileceğini gösterdi. Bu önemlidir,

çünkü evrenin yaşadığımız parçasının ilk durumunun büyük bir dikkatle seçilmiş

olmasının gerekmediğini ortaya koyar. O halde dilersek, zayıf insancı ilkeyi

kullanarak, evrenin bugün niçin gördüğümüz gibi olduğunu açıklayabiliriz.

Ancak, her ilk durumun, gözlemlediğimiz gibi bir evrene yol açacağı doğru

olamaz. Şu anda, evrenin çok değişik bir durumda, örneğin; toprak ve düzensiz

bir durumda olduğunu varsayarak bunu gösterebiliriz. Bilim yasaları kullanılarak

evrenin evrimi geriye doğru çevrilip, daha önceki zamanlardaki durumu

saptanabilir. Klasik genel göreliğin tekillik teoremlerine göre bir büyük patlama

tek illiği hala bulunmalıdır. Şimdi, yine bilim yasalarını uygulayarak böyle bir

evrenin evrimini ileriye doğru çevirirseniz, başladığınız topak topak ve düzensiz

evrende bulursunuz kendinizi. O halde, bugün gördüğümüz gibi bir evrene yol

açmayacak ilk durumlar olmalıdır. Böylece şişen model bile bize, ilk durumun,

niçin gözlemlediğimizden çok değişik bir şey oluşturacak biçimde olmadığını

gösteremez. Açıklama için illa da insancı ilkeye mi başvurmalıyız? Her şey bir

şans eseri miydi? Bu, umutsuzluğun sesi, evrenin temelinde yatan düzeni

anlamak için tüm umutlarımızın suya düşmesi gibi geliyor.

Evrenin nasıl başlamış olması gerektiğini kestirebilmek için, zamanın

başlangıcında geçerli yasalara gerek var. Eğer klasik genel görelik kuramı doğru

idiyse, Roger Penrose ile kanıtladığımız tekillik teoremleri, zamanın

başlangıcında sonsuz yoğunlukta bir nokta bulunacağını ve uzay-zamanın

eğriliğinin sonsuz olacağını göstermektedir. Bilincin tüm yasaları, böyle bir

noktada işlemez duruma geleceklerdir. Tekilliklerde geçerli olacak yeni yasalar

bulunabileceği varsayılabilir, ama böylesine kötü davranışlı noktalarda yasalar

belirlemenin zorluğu bir yana gözlemlerden, bu yasaların ne olabileceğine ilişkin

bir ipucu elde edemeyecektik. Bununla birlikte, tekillik teoremlerinin aslında

işaret etikleri şey, kütlesel çekim alanının, kütlesel tanecik etkileri önem

kazanacak denli şiddetli olacağıdır. Klasik kuram artık, evrenin iyi bir

betimlemesi değildir. O halde evrenin ilk aşamalarını tartışırken, kütlesel

çekimin tanecik kuramı kullanılmalıdır. Göreceğimiz gibi: tanecik kuramında,

bilimin olağan yasalarının, zamanın başlangıcı da içinde olmak üzere, her yerde

ve her zaman geçerli olması olanaklıdır. Tekillikler için yeni yasalar önermeye

gerek yoktur, çünkü tanecik kuramında tekillik gerekmez.

Henüz tanecik mekaniğini ve kütlesel çekimi birleştiren tam ve tutarlı bir

kuramımız yok. Ama böyle bir birleşik kuramda bazı özellikler bulunması

gerektiğinden kesinlikle eminiz. Bunların ilki, tanecik kuramını, geçmişlerin

toplamı cinsinden belirleyen Feynman'ın önerisini içermesidir. Bu yaklaşımda,

bir parçacığın klasik kuramdaki gibi yalnızca tek bir parçacığın klasik kuramdaki

gibi yalnızca tek bir geçmişi yoktur. Bunun üzerine, uzay-zamanda her olanaklı

yolu izlediği varsayılır ve bu geçmişlerin her birine ilişkin iki sayı bulunur: biri

dalganın büyüklüğünü, diğeri ise çevrimdeki konumunu (fazını) belirtir.

Parçacığın, örneğin belli bir noktadan geçmesi olasılığı, o noktadan geçmesi

olanaklı her geçmişe ilişkin dalgaları toplayarak hesaplanır. Ancak, bu toplama

işlemini gerçekleştirmede, çok zor teknik sorunlarla karşılaşılır. Bunlardan

kaçınmanın tek yolu garip reçetedir: Sizin, benim algıladığımız "gerçek"

zamandaki değil, fakat sanal denilen zamandaki parçacık geçmişlerine ilişkin

dalgalar toplanmalıdır. Sanal zaman, bir bilimkurgu terimi gibi geliyorsa da,

aslında çok iyi tanımlanmış bir matematik kavramdır. Eğer sıradan (ya da

"gerçek") bir sayıyı, kendisi ile çarparsak, sonuç pozitif bir sayıdır. (Örneğin; 2

kere 2, 4 eder; -2 kere -2 de 4 eder). Ancak, (sanal denen) özel sayılar vardır ki,

kendileri ile çarpılınca, negatif sayı verirler. (Kendisi ile çarpımı -1 veren sayıya

i sayısı denir. 2i kendisi ile çarpılınca -4 verir.) Geçmişlerin Feynman

toplamındaki teknik zorluklardan kaçınmak için, sanal zaman kullanılmalıdır.

Yani, hesapları yaparken zaman, gerçek sayılar yerine sanal sayılarla

ölçülmelidir. Bunun uzay-zaman üzerinde ilginç bir etkisi olur: uzay ve zaman

arasındaki ayrım tümüyle ortadan kalkar. Olayların, zaman koordinatında sanal

değerler taşıdığı uzay-zamana, iki boyutlu yüzeyler geometrisinin temelini atan

eski Yunanlı Euclid (Öklid) anısına, Öklidil denir. Yalnız, şimdi Buclidgil

dediğimiz uzay-zamanın iki yerine dört boyutu vardır. Buclidgil uzay-zamanda,

yön ile uzaydaki yön arasında hiçbir ayrım yoktur. Öte yandan, olayların zaman

koordinatında sıradan, gerçek değerlerle belirlendiği gerçek uzay-zamanda,

aradaki ayrımı anlamak kolaydır -her noktadaki zaman doğrultuları, ışık

konisinin içinde kalır, uzay doğrultuları ise dışında. Her neyse, gündelik tanecik

mekaniği bağlamında, sanal zaman ve Euclidgil uzay-zaman, gerçek uzayzamana

ilişkin hesapları yapabilmek için kullandığımız yalnızca matematik bir

araç (ya da hile) olarak düşünülebilir.

Yüce bir kuramın parçası olması gerektiğine inandığımız bir ikinci özellik

ise, Einstein'in kütlesel çekim alanının, eğri uzay-zaman ile gösterilebileceği

düşüncesidir: parçacıklar eğri bir uzayda, düze en yakın yolu izlemeye çalışırlar.

Fakat uzay-zaman düz olmadığından, parçacıkların yolları, sanki bir çekim alanı

etkisindeymişçesine bükülür. Feynman'ın geçmişlerin toplamı düşüncesini,

Einstein'ın kütlesel çekim görüşüne uyguladığımızda, parçacığın geçmişinin

benzeşi, tüm evrenin geçmişini temsil eden eğri uzay zamanın tamamıdır.

Geçmişlerin toplamını gerçekleştirirken karşımıza çıkan teknik zorluklardan

kaçınmak için, bu eğri uzay-zamanlar, Euclidgil olarak ele alınmalıdır. Yani,

zaman sanaldır ve uzaydaki doğrultulardan ayırt edilemez. Her noktada ve her

yönde aynı görünmek gibi bir özellik taşıyan gerçek bir uzay-zamanı bulma

olasılığını hesaplamak için, o özelliği taşıyan geçmişlerin tümüne ilişkin dalgalar

toplanır.

Klasik genel görelik kuramında, her biri evrenin bir başka durumuna karşılık

gelen, değişik, çok sayıda, olanaklı eğri uzay-zaman vardır. Evrenimizin ilk

durumunu bilirsek, tüm geçmişini de bilmiş oluruz. Benzer biçimde, kütlesel

çekimin tanecik kuramında, evren için değişik, çok sayıda, olanaklı tanecik

durumları vardır. Yine, geçmişlerin toplamındaki Euclidgil eğri uzay-zamanların,

evrenin ilk evrelerinde nasıl davrandığını bilirsek, evrenin tanecik durumunu da

bilmiş oluruz.

Gerçek uzay-zamana dayalı klasik kütlesel çekim kuramında, evren yalnızca

iki olanaklı biçimde davranabilir; ya ezelden beri vardır, ya da geçmişte, sonlu

bir zaman önce bir tekillikte başlar. Öte yandan, çekimin tanecik kuramında bir

üçüncü olasılık doğar. Zaman doğrultusunun, uzaydaki doğrultularla aynı

temelde olduğu Euclidgil uzay-zamanlar kullanıldığından, uzay-zamanın, bir

sınır ya da kenar oluşturan tekillikler içermeden, sonluluğu olanaklıdır. Uzayzaman

yerkürenin yüzeyi gibidir ama fazladan iki boyutu daha vardır.

Yerkürenin yüzeyi sonlu büyüklüktedir ama bir sınırı ya da kenarı yoktur:

günbatımına doğru yelken açsanız, yeryüzünün kenarından düşmezsiniz ya da

bir tekillikle karşılaşmazsınız. (Böyle olduğunu biliyorum çünkü dünyayı

dolaştım!)

Euclidgil uzay-zaman, sonsuz sanal zamana doğru uzanıyorsa, ya da sanal

zamanda bir tekillikte başlıyorsa, klasik kuramdaki evrenin ilk durumunun

saptanması sorunun aynasıyla karşılaşırız: evrenin nasıl başladığını Tanrı

bilebilir ama biz şöyle ya da böyle başlamasına ilişkin belli bir neden bulamayız.

Öte yandan, çekimin tanecik kuramı yeni bir ufuk açmıştır; uzay-zamanın sınırı

olmayabilir ve böylelikle sınırdaki davranışı bilmeye de gerek yoktur. Bilim

yasalarının işlemediği tekillikler ve uzay-zamanın, sınır koşullarını saptamak

için Tanrı'ya ya da bazı yeni yasalara başvurmanın gerekeceği bir kenarı

olmayacaktır. Denilebilir ki: "Evrenin sınır koşulu, sınırı olmamasıdır." Evren,

tamamıyla kendine yetecek ve kendi dışındaki hiçbir şeyden etkilenmeyecektir.

Ne yaratılacak ne de yokedilecektir. Yalnızca OLACAKTIR.

Zaman ve uzayın birlikte, sonlu büyüklükte fakat bir sınırı ya da kenarı

olmayan bir yüzey oluşturabilecekleri önerisini ilk kez, daha önce sözünü

ettiğim Vatikan'daki konferansta ileri sürdüm. Ancak makalemde oldukça

matematik bir yaklaşım vardı, bundan dolayı evrenin yaratılışında. Tanrı'nın

rolüne ilişkin önermelerimin o zaman pek farkına varan olmadı (neyseki).

Konferansın olduğu sıralarda, "sınırın yokluğu" düşüncesini, evrene ilişkin

öngörülerde bulunmak için nasıl kullanacağımı bilmiyordum. Ertesi yazı Santa

Barbara'ra University of Califomia'da geçirdim. Orada arkadaşım ve

meslektaşım Jim Hartle (Hartıl), uzay-zamanın sınırı yoksa evrenin hangi

koşulları sağlaması gerektiği üzerinde çalışmama yardım etti. Cambridge'e

döndüğümde, bu çalışmayı araştırma öğrencilerimden Julian Luttrel (Latrıl) ve

Jonathan Halliwell (Halivel) ile sürdürdüm.

Zaman ve uzayın sınırsız ve sonlu olduğu düşüncesinin yalnızca bir öneri

olduğunu vurgulamak isterim: bu, bir başka ilkeden çıkarsanamaz. Herhangi bir

başka bilimsel gibi, ilk önce estetik ya da fizikötesi nedenlerle ileri sürülebilir;

ama gerçek sınav, gözlemlerle doğrulanan kestirimlerde bulunup

bulunamayacağıdır. Ancak, tanecik çekimi durumunda, bunu belirlemek iki

nedenden dolayı zor. Birincisi, gelecek bölümde anlatılacağı gibi, hangi kuramın

genel göreliği ve tanecik mekaniğini başarıyla birleştireceğinden emin değiliz;

böyle bir kuramın biçimine ilişkin pek çok şey biliyor olsak da. İkincisi, tüm

evreni ayrıntılarıyla betimleyecek herhangi bir model, hesapla kesin öngörülerde

bulunabilmek için matematik açıdan çok karmaşık olacaktır. O halde

basitleştirici varsayımlar ve yaklaşıklıklarda bulunulması gerekecektir -o zaman

bile, kestirimleri bulup çıkartmak sorunu kolay kolay çözümlemeyecektir.

Geçmişlerin toplamındaki her geçmiş, yalnızca uzay-zamanı değil, aynı

zamanda içindeki her şeyi, insanlar gibi evrenin tarihini gözlemleyebilen

karmaşık organizmaları da, betimleyecektir. Bu, insancı ilkeyi haklı çıkarmak

için bir neden daha olarak görülebilir; çünkü eğer tüm geçmişler olanaklı ise, biz

geçmişlerden birinin içinde bulunduğumuz sürece, insancı ilkeyi kullanarak

evrenin niçin olduğu gibi bulunduğunu açıklayabiliriz. İçinde bulunmadığımız

diğer geçmişlere ise tam olarak ne anlam verilebiceği açık değildir. Ancak,

çekimin tanecik kuramının bu yorumu, geçmişlerin toplamı kullanılarak

evrenimizin, yalnızca olanaklı geçmişlerden biri değil de en olasılarından biri

olduğunu gösterebilse, çok daha doyurucu olurdu. Bunun için, sınırı olmayan her

olanaklı Euclidgil uzay-zaman için geçmişlerin toplamı işlemini

gerçekleştirmemiz gerekir.

Sınırsızlık önerisinden gidilerek, evrenin, olanaklı geçmişlerin çoğunu

izliyor durumda bulunması olasılığının önemsenmeyecek denli az olduğu ama

olasılığı diğerlerinden çok daha fazla belli bir geçmiş ailesi olduğu öğreniliyor.

Bu geçmişler, Kuzey Kutbundan uzaklık sanal zamanı ve Kuzey Kutbundan eşit

uzaklıktaki noktaların çizdiği daire evrenin uzaydaki büyüklüğünü gösterecek

biçimde, yerkürenin yüzeyine benzetilerek gözönüne getirilebilir. Şekil 8.1'deki

gibi evren Kuzey Kutbunda bir nokta olarak başlar.

**Şekil 8.1**

Buradan güneye doğru inildikçe, enlem daireleri, sanal zamanda büyüyen

evrene karşılık olmak üzere büyürler. Evren ekvatorda en üst büyüklüğe

ulaşacak ve sanal zamanın daha da ilerlemesiyle küçülerek Güney Kutbunda tek

bir nokta durumuna gelecektir. Evren Kuzey ve Güney Kutuplarında sıfır

büyüklükte olmasına karşın, yeryüzündeki Kuzey ve Güney Kutuplarının tekil

olmadıkları gibi, bu noktalarda tekillik olmayacaktır. Bilim yasaları

yeryüzündeki Kuzey ve Güney Kutuplarında geçerli olduğu gibi geçerli

olacaktır. Ancak evrenin gerçek zamandaki tarihi çok değişik görünecektir.

Yaklaşık on, yirmi milyar yıl önce evren en küçük durumdadır ve bu, sanal

geçmişin en üst çapına eşittir. Daha sonraki gerçek zamanlarda evren Linde'nin

karmakarışık şişen modelinde olduğu gibi genişleyecektir (bu kez evrenin her

nasılsa doğru bir durumu da yaratılmış olduğunu varsaymak gerekmez). Evren

en büyük durumuna ulaştıktan sonra çökerek gerçek zamanda tekillik gibi

görünen durumuna dönecektir. Böylece, kara deliklerden uzakta dursak bile, bir

anlamda hepimizin hali duman. Evrene ancak sanal zaman ile bakarsak

tekillikler olmadığını görebiliriz.

Evren gerçekten böyle bir tanecik durumunda ise, sanal zamana göre evrenin

geçmişinde tekillikler bulunmayacaktır. Şu halde son çalışmalarım, daha önce

tekillikler üzerindeki çalışmalarımı tümüyle boşa çıkarmış gibi görünebilir. Ama

yukarıda da işaret edildiği gibi tekillik teoremlerinin asıl önemi, kütlesel çekim

alanının, tanecik etkileri gözardı edilemeyecek denli şiddetli olduğunu

göstermesindedir. Bundan yola çıkılarak evrenin sanal zamanda sınırları ve tekil

noktaları olmadan sonlu olabileceği düşüncesine varıldı. Ama içinde

yaşadığımız gerçek zamana dönüldüğünde, tekillikler, yine kendini gösterecektir.

Kara deliğe düşen zavallı astronot ıstırap içinde ölmekten kurtulamayacaktır,

ancak sanal zamanda yaşasaydı tekillikle karşılaşmayacaktı.

Buradan, sanal dediğimiz zamanın aslında gerçek zaman olduğu ve gerçek

zaman dediğimizin ise düşümüzün bir ürünü olduğu önerilebilir. Gerçek

zamanda evren, uzay-zamanın sınırını oluşturan ve bilim yasalarının işlemediği

tekilliklerde başlamakta ve son bulmaktadır. Fakat sanal zamanda tekillikler ve

sınırlar bulunmamaktadır. Belki de o halde, sanal dediğimiz zaman aslında daha

temeldir ve gerçek dediğimiz zaman ise evreni, olduğunu düşündüğümüz

biçimiyle tanımlamamızı kolaylaştırmak için uydurduğumuz bir kavramdır. Ama

birinci bölümde anlattığım yaklaşıma göre, bilimsel bir kuram, yalnızca

gözlemlerimizi betimleyebilmek için kurduğumuz matematik bir modeldir; salt

kafamızda vardır. Bundan dolayı, "gerçek" zamanın mı yoksa "sanal" zamanın

mı gerçek olduğu sorusunu sormanın anlamı yoktur. Önemli olan, hangisinin

betimlemede yararlı olduğudur.

Geçmişlerin toplamı, sınırın olmaması ile birlikte kullanılarak evrenin hangi

özelliklerinin birlikte bulunmasının daha olası olduğu da bulunabilir. Örneğin,

evrenin değişik yönlerde yaklaşık aynı hızda genişlemesi ile, evrenin

yoğunluğunun şimdiki değerde olmasının, birlikte olasılığı hesaplanabilir.

Şimdiye dek incelediğimiz basitleştirilmiş modeller için bu olasılık

hesaplandığında çok yüksek çıkmaktadır; yani önerilen sınırsızlık koşulu,

evrenin şimdiki genişleme hızının her yönde yaklaşık aynı olmasının son derece

olası olduğunu öngörmektedir. Bu da, mikrodalga zemin ışımasını her yönde

hemen hemen aynı şiddette ölçen gözlemlerle tutarlıdır. Evren bazı yönlerde

diğerlerinden daha hızlı genişliyor olsaydı, bu yönlerde ışımanın şiddeti,

fazladan kırmızıya kayma nedeniyle azalmış olurdu.

Sınırsızlık koşuluna dayalı başka öngörüler üzerinde çalışmalar sürmektedir.

Özellikle ilginç bir problem, ilk evrelerdeki evrende yoğunluğun düzgün

dağılımından, önce galaksilerin, sonra yıldızların, sonunda da bizim

oluşumumuza neden olan küçük sapmaların niceliğinin hesaplanmasıdır.

Belirsizlik ilkesi ilk evrelerdeki evrenin tümüyle düzgün olamayacağını, çünkü

parçacıkların konumları ve hızlarında bazı belirsizlikler ya da düzensiz

değişimler olması gerektiğini önerir. Sınırsızlık koşulunu kullanarak evrenin

gerçekten de belirsizlik ilkesinin izin verdiği en az düzensizlik ile başladığını

buluyoruz. Daha sonra evren şişen modellerdeki gibi bir hızlı genişleme

aşamasından geçmiş olmalı. Bu dönemde, başlangıçtaki düzensizlikler bugün

çevremizde gözlemlediğimiz yapıların kökenini açıklayabilecek biçimde

kuvvetlenmiş olacaktır. Maddenin yoğunluğunun bir yerden ötekine biraz

değişik olduğu genişleyen bu evrende kütlesel çekim daha yoğun bölgelerin

genişlemesini yavaşlatıp büzülmelerini başlatılacaktır. Bu, galaksilerin,

yıldızların ve sonunda bizim gibi önemsiz yaratıkların bile oluşumuna yol

açacaktır. Böylelikle evrende gördüğümüz tüm karmaşık yapılar, tanecik

mekaniğinin belirsizlik ilkesi ile birlikte evrenin sınırsızlık koşulu tarafından

açıklanabilir.

Uzay ve zamanın sınırsız, kapalı bir yüzey oluşturabileceği düşüncesinin,

evrenin işleyişinde Tanrı'nın rolüne ilişkin etkisi bulunmaktadır. Bilimsel

kuramların olayları açıklamaktaki başarısı sonucu, çoğu kişi Tanrı'nın evreni bir

takım yasaları çiğnemediğine inanır olmuşlardır. Ama bu yasalar, evrenin

başlangıcında nasıl olduğunu belirtmemektedirler -mekanizmayı kurmak ve nasıl

başlayacağını seçmek, Tanrı'ya kalmıştır. Evrenin bir başlangıcı oldukça, bir

yaratıcısı olduğunu varsayabiliriz. Ama evren gerçekten tümüyle kendine yeterli,

sınırsız ve kenarsız ise, ne başı ne de sonu olacaktır: yalnızca olacaktır! O halde

bir Yaradana ne gerek var?

**9 Zamanın Oku**

Bundan önceki bölümlerde zamanın doğasına ilişkin düşüncelerimizin yıllar

boyunca nasıl değiştiğini gördük. Bu yüzyılın başına kadar insanlar mutlak

zamanın varlığına inanıyorlardı. Yani, her olay "zaman" denen bir sayıyla tek bir

şekilde numaralanabilmeli ve bütün doğru çalışan saatler iki olay arasındaki

zaman aralığını aynı ölçmeliydi. Derken, ışık hızının nasıl hareket ederse etsin

her gözlemciye göre aynı kaldığının keşfi görelik kuramına yol açtı, ve bu

kurama göre tek bir mutlak zaman düşüncesi bir kenara bırakılmalıydı. Bunun

yerine her gözlemcinin kendi yanında taşıdığı saate göre kaydettiği bir zaman

ölçüsü olacaktı: değişik gözlemciler tarafından taşınan zamanı aynı ölçmeleri

gerekmeyecekti, böylece zaman, onu ölçen gözlemciye bazlı kişisel bir kavram

oldu.

Tanecik mekaniğini kütlesel çekim ile birleştirme çabalarında "sanal" zaman

kavramına başvurulur. Sanal zaman uzaydaki yön kavramına benzer. Bir kişi

kuzeye doğru gidiyorsa dönüp güneye doğru da yol alabilir, benzer biçimde

birisi sanal zaman içinde ileriye doğru yol alıyorsa, dönüp geriye gidebileceğini

de düşünebiliriz. Bu demektir ki, sanal zaman içinde ileri ve geri yönler arasında

önemli bir ayırım yoktur. Öte yandan "gerçek" zamana baktığımızda, hepimizin

bildiği gibi ileri ve geri yönler arasında büyük fark vardır. Geçmiş ve gelecek

arasındaki bu fark nereden geliyor? Neden, geleceği değil de geçmişi

anımsıyoruz?

Bilimin yasaları gelecekle geçmiş arasında bir ayrım yapmaz. Daha kesin bir

deyişle, daha önce açıklandığı gibi, bilimin yasaları C.P.T olarak bilinen

işlemlerin (bakışımların) değişik birliktelikleri sonucu değişmez kalır. (C,

parçacıkları karşıparçacıklarla değiştirmek anlamına gelir. P aynadaki

görüntüsünü almak, böylece sağ ile solun yerini değiştirmek demektir. T ise

bütün parçacıkların devinim yönünü değiştirmek yani devinimi geriye doğru

götürmektir.) Normal koşullar altında, maddenin davranışını yöneten bilim

yasaları C ve P işlemleri sonucu değişmez kalır. Başka bir deyişle, başka bir

gezegende yaşayan, hem bizim aynadaki görüntümüz biçiminde ve hem de

madde yerine karşımaddeden yapılmış varlıklar için yaşam aynı bizimki gibi

olurdu.

Eğer bilimin yasaları, C ve P işlemlerinin birlikteliği sonucu ve

C.P. ve T. işlemleri birlikteliği sonucu değişmiyorsa, tek başına T işlemi

sonucu da değişmemelidir. Ama biliyoruz ki her günkü yaşamda gerçek zamanın

ileriye ve geriye doğru yönleri arasında büyük fark vardır. Masadan yere düşüp

tuz buz olan içi su dolu bir bardak düşünün. Bunu filme çekerseniz, filmin ileri

mi, yoksa geri mi oynatıldığını kolayca söyleyebilirsiniz. Filmi geri oynatacak

olursanız parçaların aniden bir araya gelip bardağı oluşturmak üzere masanın

üstüne geri zıpladığı görülecektir. Günlük yaşamımızda bu tür bir davranışla

hiçbir zaman karşılaşılamadığı için filmin geri oynatıldığını hemen

söyleyebilirsiniz. Eğer bu, gerçek yaşamda doğru olsaydı, çanak çömlek

yapanlar işsiz kalırdı.

Kırık cam parçacıklarının bir araya gelip niye masanın üstüne geri

zıplamadığının açıklanması genellikle, bunun, termodinamiğin ikinci yasası

tarafından yasaklanmış olması ile yapılır. Bu, herhangi bir kapalı dizgede

düzensizliğin, yani entropinin, her zaman arttığını söyler. Başka bir deyişle, işler

her zaman istemediğimiz gibi sonuçlanma eğilimindedir. Masanın üzerinde

duran bardak bir yüksek düzen durumudur, ancak yerdeki kırılmış bir bardak ise

düzensizlik durumudur. Geçmişteki masanın üstündeki bardaktan, gelecekteki

yerdeki kırılmış bardağa kolayca gidilebilir ama tersi doğru değildir.

Düzensizliğin ya da entropinin zamanla artması, zamanın oku denen ve

zamanın yönünü belirterek gelecek ile geçmişi ayıran kavramın bir örneğidir.

Zamanın en az üç değişik oku vardır. Birincisi, düzensizliğin ya da entropinin

arttığı, zamanın termodinamik okudur. Bundan sonra zamanın psikolojik oku

gelir. Bu, zamanın geçtiğini hissettiğimiz, geleceği değil de geçmişi

anımsadığımız yöndür. Zamanın son oku ise evrenbilimsel oktur. Bu da, evrenin

büzülmeyip, genişlediği zaman yönüdür.

Bu bölümde, evrenin sınırsızlık koşulunun, zayıf insancı ilke ile birlikte, üç

okun da niye aynı yönü gösterdiğini, -dahası, zamanın niye kesin tanımlı bir oku

olması gerektiğini açıklayabileceğini ileri süreceğim. Psikolojik okun

termodinamik ok tarafından belirlendiğini, ve bu iki okun her zaman zorunlu

olarak aynı yönü göstermeleri gerektiği savında bulunacağım. Evrenin sınırsız

olduğu varsayılırsa, zamanın çok iyi tanımlı termodinamik ve evrenbilimsel

oklarının olacağını, ama bu okların evrenin bütün geçmişi boyunca aynı yönü

göstermeyeceklerini göreceğiz. Bununla birlikte, ileri süreceğim ki, bu aklar

ancak aynı yönü gösterdikleri zaman şu soruyu sorabilecek akıllı varlıkların

ortaya çıkmasına elverişli koşullar vardır. Düzensizlik niye evrenin genişlediği

zamanla aynı yönde artıyor?

Önce zamanın termodinamik okundan başlayacağım. Termodinamiğin ikinci

yasasının temelinde düzensiz durumların, düzenli durumlardan her zaman çok

daha fazla olması gerçeği yatar. Örneğin bir kutudaki "yap boz" bulmaca

parçalarını düşünün. Parçaları tam bir tablo yapan yalnız ve yalnız bir tane

düzenleme vardır. Öte yandan parçaların düzensiz olduğu ve bir tablo

oluşturmadığı çok daha büyük sayıda durum bulunmaktadır.

Bir dizgenin küçük sayıda düzenli durumdan başladığını düşünelim. Zaman

ilerledikçe dizge, bilimin yasalarına uygun evreler geçirecek ve durumu

değişecektir. Daha sonraki bir zamanda, dizgenin düzensiz bir durumda olma

olasılığı, düzenli bir durumda olma olasılığından daha yüksek olacaktır çünkü

düzensiz durumların sayısı düzenli durumların sayısından daha fazladır. Şu

halde, dizge ilk koşul olarak yüksek dereceli bir düzene sahipse, düzensizlik

zamanla artma eğilimi gösterecektir.

Bir yap boz bulmacasında, parçaların kutunun içinde ilk başta bir tablo

oluşturacak şekilde dizildiklerini varsayalım. Kutuyu sallarsanız, parçalar başka

bir şekilde dizileceklerdir. Bunun, parçaların anlamlı bir tablo ortaya çıkarmadığı

düzensiz bir durum olma olasılığı, çok daha fazla sayıda düzensiz diziliş olduğu

için doğal olarak daha yüksektir. Bazı parçacık grupları belki de hala tablonun

bir bölümünü oluşturuyordur ama kutuyu daha çok salladıkça bu parçaların

hiçbir tablo oluşturmadıkları karmakarışık bir duru mun olasılığı artacaktır.

Böylece parçaların düzensizliği, parçalar ilk başta yüksek düzenli bir

durumdalarsa, zamanla artma eğilimi gösterecektir.

Şimdi Tanrı'nın evreni yüksek düzenli bir durumda sonlandırmaya karar

verdiğini ve evrenin hangi durumda başladığının hiç önemi olmadığını

varsayalım. Bu durumda evren ilk zamanlarda, herhalde düzensiz bir durumda

olacaktı. Yani düzensizliğin zamanla azalması gerekecekti. Kırık bardak

parçacıklarının bir araya toplanıp masanın üstüne zıpladıklarını görmemiz gibi.

Yalnız, bu bardakları gözlemleyen herhangi bir insanoğlu düzensizliğin zamanla

azaldığı bir evrende yaşıyor olacaktı. İleri süreceğim ki, bu tür varlıklar geriyi

gösteren zaman okuna sahip olmalıydılar. Yani, geçmişteki olayları değil de,

gelecekteki olayları anımsayacaklardı. Bardak kırıkken onun masanın üstündeki

durumunu anımsayacak ama masanın üstünde iken döşemede olduğunu

anımsamayacaklardı.

İnsan belleğinin nasıl çalıştığını ayrıntılarıyla bilmediğimiz için ona ilişkin

söz açmak oldukça zordur. Bilgisayarların belleğinin nasıl çalıştığını ise gayet

iyi biliyoruz. Bu yüzden zamanın psikolojik okunu bilgisayarlar bağlamında

anlatacağım. Sanırım, bu okun insanlar için de aynı olacağını varsaymak yanlış

olmaz. Eğer değişik olsaydı, borsada ertesi günün hisse senedi değerlerini

anımsayan bir bilgisayar ile esaslı bir vurgun vurmak işten bile olmazdı !

Bilgisayar belleği iki değişik durumdan herhangi birini alabilen öğelerden

oluşmuş bir aygıttır. Abak, ya da hesap tahtası, bunun basit bir örneğidir. Abak,

en basit biçimiyle, belli sayıda telden yapılmış olup, her tele iki konumdan birine

getirilebilen bir boncuk geçirilmiştir. Bilgisayarın belleğine herhangi bir bilgi

yazılmadan önce bellek, her iki konumdan birinde eşit olasılıkla bulunmak

üzere, düzensiz durumdadır. (Abağın boncukları teller üzerinde gelişigüzel

dağılmışlardır.) Bellek, anımsanılması gereken dizgeyle etkileşimde bulunduktan

sonra, dizgenin durumuna göre kesin olarak şu ya da bu durumu alacaktır. (Her

abak boncuğu telin ya sağında ya da solunda olacaktır.) Böylece bellek düzensiz

durumdan düzenli bir duruma geçmiştir. Belleğin doğru durumu almasını

sağlamak için belli bir miktar enerji kullanmak zorunludur (boncuğu sağa sola

oynatmak ya da bilgisayarı elektrik şebekesine bağlamak gibi). Bu enerji ısı

olarak tüketilir ve evrendeki düzensizliğin miktarını arttırır. Gösterilebilir ki,

evrenin düzensizliğindeki bu artış, belleğin kendi düzeninin artışından fazladır.

Şu halde bilgisayarın soğutucusunun uzaklaştırdığı ısı, bilgisayar belleğe

herhangi bir şey kaydettiği zaman, evrenin toplam düzensizliğinin yükselmesi

anlamına gelir. Belleğin geçmişi anımsamadığı zaman yönü düzensizliğin arttığı

zaman yönü ile aynıdır.

Şu halde, zaman yönünü nesnel kavrayışımız, yani zamanın psikolojik oku,

beynimizin içinde, zamanın termodinamik oku tarafından belirlenmektedir.

Olayları, aynı bir bilgisayar gibi, düzensizliğin arttığı yönde anımsamalıyız. Bu,

termodinamiğin ikinci yasasını son derece basite indirger. Düzensizlik zamanla

artar, çünkü zamanı düzensizliğin arttığı yönde ölçeriz. Kazanmanızın bundan

daha emin olacağı bir bahse giremezsiniz !

Ama termodinamik okun varolması hangi nedenle gerekmektedir? Ya da,

başka bir deyişle, evrenin zamanın bir ucunda, geçmiş dediğimiz ucunda, neden

yüksek dereceden bir düzen durumunda olması gerekmektedir? Niye her zaman

tamamen düzensiz bir durumda değildir? Üstelik bu daha olası bir durum gibi

gözükmesine rağmen. Ve düzensizliğin arttığı zamanın yönü neden evrenin

genişlediği zaman yönü ile aynıdır?

Klasik genel görelik kuramında evrenin nasıl başladığı, bilimin bilinen bütün

yasaları büyük patlama tekilliğinde işlemez oldukları için kestirilemez. Evren

son derece düzgün ve düzenli bir durumdan yola çıkmış olabilir. Bu,

gözlemlediğimiz gibi, zamanın çok iyi tanımlı termodinamik ve evrenbilimsel

oklarını doğurmuş olabilir. Öte yandan son derece karmakarışık ve düzensiz bir

durumla da başlamış olabilirdi. Evren, o zaman zaten tamamen düzensiz bir

durumda olacağı için, düzensizlik zamanla artmazdı. Ya zamanın kesin tanımlı

termodinamik okunun olmadığı bir durumda değişmez kalırdı, ya da

termodinamik okun, evrenbilimsel okun ters yönünü gösterdiği bir durumda

azalırdı. Bu olasılıkların hiçbiri gözlemlerimizle uyuşmuyor. Bununla birlikte,

gördüğümüz gibi, klasik genel görelik kuramı kendi yıkılışını önceden

bildirmektedir. Uzay-zamanın eğriliği büyük olduğu zaman tanecik çekim

etkileri önem kazanacak ve klasik kuram artık evrenin iyi bir betimi olma

özelliğini yitirecektir. Evrenin nasıl başladığının anlaşılması için çekimin tanecik

kuramı kullanılmalıdır.

Son bölümden gördüğümüz gibi, evrenin konumunu belirleyebilmek için,

evrenin olası geçmişlerinin uzay-zaman sınırında nasıl davrandığının bilinmesi,

çekimin tanecik kuramında hala gerekmektedir. Bilmediğimiz ve

bilemeyeceğimiz böyle bir şeyi betimleme zorluğundan, geçmişlerin ancak

sınırsızlık koşuluna uymalarıyla kurtulabiliriz uzantı olarak sonludurlar ama

sınırları, kenarları ve tekillikleri yoktur. Bu durumda, zamanın başlangıcı uzayzamanda

düzenli ve düzgün bir nokta olacak ve evren genişlemesine çok düzgün

ve düzenli bir durumdan başlayacaktır. Tamamen düzgün olması, tanecik

kuramının belirsizlik ilkesine karşı geldiği için düşünülemez. Yoğunlukta ve

parçacıkların hızlarında bazı ufak dalgalanmaların olması kaçınılmazdır.

Sınırsızlık koşulu bu dalgalanmaların belirsizlik ilkesiyle uyumu ve

olabildiklerince küçük olduklarını üstü kapalı bir biçimde söylemektedir.

Evren yapısını büyük ölçüde büyüten üstel ya da "şişen" bir genişleme

dönemi ile başlamış olmalıdır. Bu genişleme sırasında yoğunluk dalgalanmaları

ilk başta küçük iken sonradan büyümeye başlamıştır. Yoğunluğun ortalamadan

çok olduğu bölgelerin genişlemesi fazladan kütlenin çekimiyle yavaşlamış

olabilir. Sonuç olarak, bu bölgeler genişlemelerini durdurarak, galaksileri,

yıldızları ve bizim gibi varlıkları oluşturmak üzere büzülmeye başlamıştır. Evren

düzgün ve düzenli bir durumla başlayarak, zaman geçtikçe öbeklenmiş ve

düzensiz olmuştur. Bu, zamanın termodinamik okunun varlığını açıklar.

Peki ya, evren genişlemeyi durdurup büzülmeye başlarsa ne olur?

Termodinamik ok yön değiştirip, düzensizlik zamanla azalma dönemine girer

mi? Bu, genişleme evresinden büzülme evresine geçişte canlı kalan bütün

insanlar için her türlü bilimkurgu olanaklarına yol açabilir. Acaba onlar kırık

bardak parçacıklarının bir araya gelip yerden masaya geri zıpladıklarını görürler

miydi? Yarının fiyatlarını anımsayarak borsadan köşeyi dönerler miydi? Evren

tekrar büzülmeye başladığı zaman ne olacağından endişe duymak, bu iş on

milyar yıl önceden olmayacağı için biraz akademik kaçabilir. Ama bu durumda

ne olacağını anlamanın kolay bir yolu vardır, bir kara delikten içeri atlayıverin.

Bir yıldızın kara delik oluşturmak üzere çöküşü, evrenin tümünün son büzülme

evrelerine benzer. Eğer evrenin büzülme evresinde düzensizlik azalacaksa, kara

deliğin içinde de azalması beklenebilir. Belki böylece, kara deliğe düşen bir

astronot, rulet masasında bilyenin nerede duracağını bahsini yatırmadan önce

anımsayarak çok para kazanabilecektir. (Ama, ne yazık ki, makarna gibi

uzamadan önce, oynayacak çok vakti olmayacaktır. Ayrıca, kara deliğin olay

ufkunun gerisinde kıstırılmış kalacağı için, termodinamik okun yön

değiştirmesine ilişkin bir bilgi iletemeyeceği gibi kazandıklarını bankaya bile

yatıramayacaktır.)

İlk önceleri, evren çökmeye başladığı zaman düzensizliğin azalacağına

inanıyordum . Çünkü evrenin yeniden küçüldüğü zaman düzgün ve düzenli

duruma dönmesi gerektiğini düşünüyordum. Bu büzülme evresinin, genişleme

evresinin zaman içinde tersi gibi görünmesi anlamına gelmekteydi. Büzülme

evresindeki insanlar yaşamlarını geriye doğru yaşamalıydılar: Doğmadan önce

ölmeleri ve evren büzüldükçe gençleşmeleri gerekmekteydi.

Bu düşünce, genişleyen ve büzülen evreler arasında hoş bir bakışım yarattığı

için çekici gelebilir. Bununla birlikte, evrene ilişkin diğer bütün düşünceleri bir

yana iterek yalnızca bunu benimsemek doğru olamaz. O zaman şu soru akla

gelir. Acaba bu, sınırsızlık koşulu kestirilebiliyor mu, yoksa bu koşulla uyuşması

söz konusu değil mi? Dediğim gibi, ilk önceleri sınırsızlık koşulunun büzülme

evresinde düzensizliğin azalması gerektiğini öngördüğünü sanıyordum

gerçekten. Birazcık, dünyanın yüzeyiyle kurduğum benzetmeden dolayı

yanılgıya düştüm. Eğer evrenin başlangıcının Kuzey Kutbuna karşı geldiğini

düşünürsek, evrenin sonunun da, nasıl Güney Kutbu, Kuzey Kutbuna

benziyorsa, başlangıcına benzemesi gerekirdi. Ama, Kuzey ve Güney Kutupları

sanal zaman içinde evrenin başlangıcına ve sonuna karşı gelmektedir. Gerçek

zaman içinde başlangıç ve son, birbirinden çok değişik olabilir. Ayrıca, daha

önce yapmış olduğum, büzülme evresinin genişleme evresinin zaman içinde tersi

gibi göründüğü basit bir evren modeli üzerindeki çalışma tarafından da yanlış

yola sokuldum. Neyse ki, Penn State Üniversitesi'nden Don Page (Peyc) adlı bir

meslektaşım, sınırsızlık koşulunun, büzülme evresinin zorunlu olarak genişleme

evresinin zaman içinde tersi gibi olmasını gerektirmediğini gösterdi. Ayrıca,

öğrencilerimden biri olan Raymond Laflamme (Laflam), biraz daha karmaşık bir

modelde evrenin büzülmesinin genişlemesinden çok daha değişik olacağını

buldu. Bir yanlış yaptığımı anlamıştım: sınırsızlık koşulu aslında, düzensizliğin

büzülme evresinde de artmayı sürdüreceğini söylemekteydi. Evren küçülmeye

başladığı zaman, ya da kara deliklerin içinde, zamanın termodinamik ve

psikolojik okları yönlerini değiştirmeyecekti.

Böyle bir yanlış yaptığınızı bulduğunuz zaman ne yapmanız gerekir? Bazı

kişiler yanlışlarını hiç kabullenmeden savlarına destek sağlamak için, yeni ve

çoğu kez birbirleriyle uyuşmayan öneriler ortaya atmayı sürdürürler.

Eddington'ın kara delikler kuramına karşı gibi. Bazıları ise doğru olmayan

görüşü daha baştan desteklemediklerini, ya da öyle yapmış olsalar bile bunu o

görüşün ne kadar yanlış olduğunu göstermek için yaptıklarını ileri sürerler. Oysa

bana öyle geliyor ki yanlış yaptığınızı bir yazıyla kabul etmek çok daha güzel ve

açıktır. Bunun güzel bir örneği, evrenin statik modelini kurmaya çalışırken

ortaya attığı evrenbilimsel sabitin, yaşamının en büyük hatası olduğunu söyleyen

Einstein’dır.

Zamanın okuna dönecek olursak, şu soru yerinde durmaktadır. Neden

termodinamik ve evrenbilimsel okların aynı yönü gösterdiklerini gözlemliyoruz?

Ya da başka bir deyişle, düzensizlik niye evrenin genişlediği zamanla aynı yönde

artmaktadır? Eğer evrenin genişleyip, sınırsızlık önerisinin söylediği gibi

büzüleceğine inanıyorsak, bu soru, neden büzülme evresi yerine genişleme

evresinde ortaya çıktık biçimine dönüşür.

Bu soruya insancı ilkeye dayanarak yanıt vermek olanaklıdır. Büzülme

evresindeki koşullar, "Düzensizlik niye evrenin genişlediği zamanla aynı yönde

artmaktadır?" biçiminde bir soruyu sorma yetisine sahip akıllı varlıkların ortaya

çıkmasına elverecek uygunlukta olmayacaktır. Sınırsızlık önerisinin öne sürdüğü

evrenin ilk evrelerindeki şişme, evrenin yeniden çökmesine ancak engel olacak

kritik hıza yakın bir hızla genişlediği, böylece uzun bir süre büzülmeyeceği

anlamına gelmektedir. Artık o zaman tüm yıldızlar yakıtlarını tüketmiş olacak ve

içlerindeki proton ve nötronlar muhtemelen hafif parçacıklara ve ışımaya

dönüşmüş olacaktır. Evren neredeyse tam bir düzensiz durum alacaktır. Artık,

kuvvetli bir termodinamik ok da kalmayacaktır. Bu durumda artık düzensizlik

artamayacak, çünkü evren zaten neredeyse tam bir düzensizlik içinde olacaktır.

Öte yandan, akıllı bir yaşamın ortaya çıkabilmesi için zamanın kuvvetli

termodinamik oku zorunludur. Yaşamlarını sürdürebilmek için insanlar, düzenli

enerji biçimindeki yiyeceği tüketip, bunu düzensiz enerji biçimindeki ısıya

dönüştürmelidir. Şu halde akıllı yaşam evrenin büzülme evresinde ortaya

çıkamaz. Termodinamik ve evrenbilimsel okların niye aynı yönü gösterdiklerinin

nedeni budur, yoksa evrenin genişlemesinin düzensizliğin artmasına neden

olması değil. Düzensizliğin artmasına ve akıllı yaşama uygun koşulların ancak

evrenin genişleyen evresinde ortaya çıkmasına neden olan, sınırsızlık koşuludur.

Özetlersek, bilimin yasaları zamanın ileriye ve geriye yönleri arasında bir

ayrım yapmaz. Bununla birlikte zamanın, geçmişi gelecekten ayıran en az üç

oku vardır. Bunlar, düzensizliğin arttığı zaman yönünü gösteren termodinamik

ok, geleceği değil de geçmişi anımsadığımız zamanın yönünü gösteren

psikolojik ok ve evrenin büzülme yerine genişlediğini gösteren evrenbilimsel

oktur. Psikolojik okun temelde termodinamik akla aynı olduğunu böylece

ikisinin her zaman aynı yöne bakacaklarını az önce gösterdim. Evrenin

sınırsızlık önerisi, evren düzgün ve düzenli bir durumdan yola çıkmak zorunda

olduğu için iyi tanımlı bir termodinamik okun varlığını öngörür. Ve bu

termodinamik oku, evrenbilimsel okla aynı yönde gözlemlememizin nedeni,

akıllı varlıkların evrenin ancak genişleyen evresinde ortaya çıkabilmeleridir.

Büzülme evresi, zamanın kuvvetli bir termodinamik okuna sahip olamayacağı

için buna elvermez.

İnsan soyunun evreni kavramdaki aşamaları, düzensizliğin sürekli arttığı

evrende küçük bir düzen köşesi kurmuştur. Bu kitaptaki her sözcüğü

anımsıyorsanız, belleğiniz yaklaşık iki milyon parça bilgi depolamış demektir.

Evrendeki düzen de, iki milyon birim artmış olacaktır. Öte yandan, bu kitabı

okurken, yiyecek biçimindeki en azından bin kalorilik düzenli enerjiyi,

çevrenizdeki havaya ter ve dolaşım akımları ile verdiğiniz ısı biçimindeki

düzensiz enerjiye dönüştürmüş olacaksınız. Bu, evrendeki düzensizliği yaklaşık

yirmi milyon kere milyon kere milyon kere milyon birim -ya da yaklaşık

beyninizde oluşan düzenden on milyon kere milyon kere milyon kere daha fazla

artıracaktır, bu da ancak kitapta anlatılan her şeyi anımsıyorsanız. Bundan

sonraki bölümde, insanların, anlattığım kısmi kuramları, evrendeki her şeyi

kapsayacak olan tam birleşik kuramı oluşturmak üzere nasıl bir araya getirmeye

çalıştıklarını açıklayarak köşemizdeki düzeni bir miktar daha artırmayı

deneyeceğim.

**10 Fiziğin Birleştirilmesi**

Birinci bölümde anlatıldığı gibi, evrendeki her şeye ilişkin tam bir birleşik

kuramı, bir oturuşta ortaya koymak çok zor olacaktır. Biz de bunun yerine, sınırlı

kapsamda olguları betimlerken başka etkenleri ya yok sayan ya da onlara belli

sayılarda yaklaşımda bulunan kısmi kuramlar bularak ilerleme kaydettik.

(Örneğin kimya, atomun çekirdeğinin iç yapısını bilmeden atomların

etkileşimlerini hesaplamamıza olanak sağlar.) Ancak eninde sonunda, bu kısmi

kuramların tümünü yaklaşıklıklar olarak içeren ve gerçekten uygunluğunun,

birtakım keyfi sayılara değerler konularak sağlanması gerekmeyen, tutarlı, tam

bir birleşik kuramın bulunması umulmakta. İşte böyle bir kuramın aranışına

"fiziğin birleştirilmesi" diyoruz. Einstein son yıllarında zamanının çoğunu,

birleşik bir kuramı başarısızca aramakla geçirdi, ama zamanı gelmemişti daha;

kütlesel ve elektromanyetik kuvvetler için kısmi kuramlar vardı ama çekirdek

kuvvetlerine ilişkin çok az şey biliniyordu. Üstelik Einstein, gelişiminde önemli

payı bulunmasına karşın, tanecik mekaniği gerçeğine inanmayı reddetmişti.

Oysa öyle görünüyor ki, belirsizlik ilkesi, içinde yaşadığımız evrenin temel bir

özelliği. O halde başarılı bir birleşik kuram, bu ilkeyi mutlaka içermeli.

Anlatacağım üzere, böyle bir kuramı bulmamızın olasılığı şimdi çok daha

fazla, çünkü evrene ilişkin çok daha fazla şey biliyoruz. Ancak, kendimize aşırı

güvenmek tehlikesinden sakınmalıyız, nice aldatıcı şafaklar gördük. Örneğin bu

yüzyılın başlarında her şeyin, sürekli bir maddenin esneklik ve ısı iletimi gibi

özellikleriyle açıklanabileceği sanılıyordu. Atomsal yapının ve belirsizlik

ilkesinin bulunuşu, buna kesin bir biçimde son verdi. Sonra 1928'de, bu kez

fizikçi ve Nobel ödülü sahibi Max Bom (Bom), Gottingen Üniversitesi'nde bir

grup ziyaretçiye şöyle diyordu: "Bildiğimiz biçimiyle fizik, altı ayda bitmiş

olacaktır." Born'un kendine bu denli güveni, o sırada Dirac tarafından elektronun

devinimini belirleyen denklemin bulunuşuna dayanıyordu. O zamanlar bilinen

öteki parçacık olan protonu da belirleyen benzeri bir denklemin bulunmasıyla

kuramsal fiziğin sonunun geleceği sanılıyordu. Ama nötronun ve çekirdek

kuvvetlerinin bulunuşu, bu düşüncenin de kafasına balyozu indirdi. Böyle

söylemekle birlikte, ben yine de, doğanın yüce yasalarını arayışın sonuna

yaklaşmış olabileceğimize ilişkin sakıngan bir iyimserlik için nedenler

bulunduğuna inanıyorum.

Önceki bölümlerde genel göreliği, kütlesel çekimin kısmi kuramını ve zayıf,

güçlü ve elektromanyetik kuvvetleri belirleyen kısmi kuramları anlattım. Son

üçü, kütlesel çekimi içermedikleri ve değişik parçacıkların bağıl kütleleri gibi

kuramdan çıkarılamayıp, gözlemlere uyacak biçimde seçilmesi gereken birtakım

nicelikleri içinde bulundukları için yetersiz kalan "büyük birleşik kuramlar" ya

da BBK'larda birleştirilebilirler. Kütlesel çekimi öteki kuvvetlerle birleştiren bir

kuram bulmanın ana zorluğu, genel göreliğin "klasik" yani tanecik mekaniğini

içermeyen bir kuram oluşudur. Öte yandan, öteki kısmi kuramlar tanecik

mekaniğine temelden bağlıdırlar. Şu halde atılması gereken ilk adım genel

göreliğin belirsizlik ilkesiyle bir araya getirilmesi olmalıdır. Daha önce

gördüğümüz gibi bu, kara deliklerin aslında kara olmadığı ve evrenin tekilliksiz,

tümüyle kendine yeterli ve sınırsız olduğu gibi olağanüstü sonuçlara vardırabilir

bizi. Buradaki sonun, yedinci bölümde açıklandığı üzere belirsizlik ilkesinin

"boş" uzayın bile sezilgen parçacık ve karşı parçacıklarla dolu olduğu anlamına

gelmesidir.

Bu, çiftlerin sonsuz enerjisi olacak ve bundan dolayı Einstein'in ünlü E=mc2

denklemine göre sonsuz miktarda kütleleri olacaktı. Böylece, kütlesel çekimleri

evreni sonsuz küçüklüğe bükecekti.

Öteki kısmi kuramlarda benzer ve görünürde saçma sonsuzluklar bulunur

ama bu durumların hepsinde de sonsuzluklar, yeniden normalleştirme denilen bir

işlemle giderilirler. Bu işlem sonsuzlukların başka sonsuzluklar aracılığıyla

yokedilmesini gerektirir. Bu her ne kadar matematik açıdan oldukça şüphe

götürür bir yöntem ise de uygulamada gayet güzel işlemekte ve bu kuramlar

çerçevesinde kullanıldığında gözlemlerle olağanüstü bir doğrulukta uyuşan

hesaplar yapılabilmektedir. Ancak yeniden normalleştirmenin tam bir kuram

bulma çabası açısından önemli bir sakıncası vardır, çünkü bu durumda kütlelerin

gerçek değerlerini ve kuvvetlerin gerçek şiddetini kuramdan yola çıkarak

hesaplamak olanağı kalmaz, ancak gözlemlere uyacak biçimde seçilebilirler.

Belirsizlik ilkesini genel görelikle bir araya getirme girişiminde değeriyle

oynayabilecek iki nicelik vardır: kütlesel çekimin şiddeti ve evrenbilimsel

sabitin değeri. Ama bunlarla oynamak sonsuzlukların tümünü gidermeye

yetmez. Şu halde elimizde uzay-zamanın eğriliği gibi birtakım niceliklerin

gerçekten sonlu olduğunu kestirebilecek bir kuram var, ama bu niceliklerin

mükemmel sonlu olduklarını zaten gözlemleyebiliyor ve ölçebiliyoruz! Genel

göreliği ve belirsizlik ilkesini bir araya getirmede sorun çıkacağı bir süredir

bilinmekteydi ama sonunda 1972'de yapılan ayrıntılı hesaplar bu sorunu

doğruladı. Dört yıl sonra da "süperçekim" denilen bir çözüm olabileceği

öneriIdi. Buradaki düşünce, kütlesel çekim kuvvetini taşıyan ve graviton denen

2-dönemli bir parçacık ile 3/2, 1, 1/2 ve 0-dönmeli öbür parçacıkları getirmekti.

Bir anlamda tüm bu parçacıklar aynı "süperparçacığın" değişik görüntüleri

olarak ele alınabilirdi. Böylece 1/2 ve 3/2-dönmeli madde parçacıkları ile 0, 1 ve

2-dönmeli kuvvet taşıyan parçacıkları birleştirilmiş oluyordu. 1/2 ve 3/2-dönmeli

sezilgen parçacık/karşıparçacık çiftlerinin eksi enerjileri, 2, 1 ve 0-dönmeli

sezilgen çiftlerin artı enerjilerini yok etme eğiliminde olacaktı. Bu, ortaya

çıkabilecek sonsuzlukların çoğunun giderilmesine neden olacaktı, ama yine de

bazı sonsuzlukların kalacağından kuşku duyuluyordu. Ancak giderilmedik

sonsuzlukların kalıp kalmadığını gösterecek hesaplar öyle uzun ve zordu ki,

kimse böyle bir işe kalkışmadı. Bilgisayar kullanılsa bile bunun en az dört yıl

alacağı ve bu arada birden çok hata yapma olasılığının çok yüksek olduğu

düşünülüyordu. Yanıtın doğruluğundan ancak bir başkasının aynı hesabı yapıp

aynı sonucu bulmasıyla emin olunabilinir ki, bu pek olası görünmüyordu!

**Şekil 10.1 - 10.2**

Bu sorunlara ve süperçekim kuramlarındaki parçacıkların gözlenen

parçacıkIara uymadığı gerçeğine karşın, çoğu bilimci, süperçekimin, fiziğin

birleştirilmesi sorununun doğru çözümü olduğuna inanıyordu. Bu, kütlesel

çekimi öteki kuvvetlerle birleştirmenin en iyi yolu gibi görünüyordu. Ancak,

1984'te bu görüş "yay" kuramları yönünde olağanüstü bir biçimde değişti. Bu

kuramlarda temel nesneler, uzayda tek bir noktayı kaplayan parçacıklar yerine

sonsuz incelikte bir yay gibi, uzunluktan başka boyutu olmayan şeylerdir. Bu

yaylar ya uçları olan "açık yay"lar ya da uçlarının birleşmesiyle bir halka gibi

kapanan "kapalı yay"lardır (Şekil 10.1 ve 10.2). Parçacık uzayda her an tek bir

noktayı kaplar. Bundan dolayı geçmişi uzay-zamanda "evren çizgisi" denilen bir

çizgi ile gösterilebilir. Öte yandan bir yay, zamanın her anında uzayda bir çizgiyi

kapladığından, uzaydaki geçmişi de "evren yüzeyi" denilen iki boyutlu bir

yüzeydir. (Evren yüzeyi üzerindeki herhangi bir nokta iki sayıyla belirtilebilir;

biri zamanı, öbürü de noktanın yay üzerindeki konumunu belirtir.) Açık bir

yayın evren yüzeyi bir şerittir; kenarları, yayın uçlarının uzay-zaman içindeki

yolunu çizer (Şekil 10.1). Kapalı bir yayın evren yüzeyi ise bir silindir ya da

borudur (Şekil 10.2); borunun kesiti, yayın belli bir andaki konu munu gösteren

bir daire olur.

**Şekil 10.3**

S

**Şekil 10.4**

İki yay parçası birleşerek tek bir yay oluşturabilir; açık yaylar yalnızca uç

uca eklenmiş olur (Şekil 10.3), kapalı yaylar için ise durum bir pantolonun

bacaklarının birleşmesine benzer (Şekil 10.4). Benzer biçimde bir yay parçası iki

yaya bölünebilir. Daha önce parçacık olarak düşündüğümüz şeyler, yay

kuramlarında, sallanan bir uçurtmanın ipi üzerinde giden dalgalar gibi

görülebilir. Bir parçacığın öbürü tarafından soğurulması ya da yayınlanması,

yayların bölünmesine ve birleşmesine karşılık gelir. Örneğin güneşin dünya

üzerindeki kütlesel çekimi parçacık kuramlarında, bir gravitonun güneşteki bir

parçacık tarafından yayınlanıp dünyadaki bir parçacık tarafından soğurulmasıyla

açıklanmaktaydı (Şekil 10.5). Yay kuramında aynı süreç Şekil 10.6'daki Hbiçiminde

bir boruya karşılıktır (yay kuramı ile su tesisatı arasında bir anlamda

büyük benzerlik var). H'nin iki düşey kolu, güneş ve dünyadaki parçacıklara,

yatay parçası ise ikisi arasında yol alan gravitona karşılıktır.

**Şekil 10.5 - 10.6**

Yay kuramının tarihi pek ilginçtir. 1960'ların sonunda, aslında güçlü kuvveti

betimleyecek bir kuram bulma girişimiyle ortaya atılmıştır. Proton ve nötron gibi

parçacıkların yay üzerinde dalgalar gibi görülebileceği düşüncesine dayanır.

Parçacıklar arasındaki güçlü kuvvet, tıpkı bir örümcek ağındaki gibi öbür yay

parçaları arasındaki yaylar gibidir. Bu kuramın parçacıklar arasında gözlemlenen

güçlü kuvveti verebilmesi için, yayların on tonluk gerilmeye dayanan lastik

şeritler gibi olması gerekmekteydi.

1974'te Paris'ten Joel Scherk (Şerk) ve California Institute of Technology'den

John Schwarz (Şvarz) yayınladıkları bir makalede yay teorisinin kütlesel kuvveti

açıklayabileceğini, ancak bunun için yaydaki gerilimin çok daha fazla, milyon

kere milyon kere milyon kere milyon kere milyon kere milyar (1'den sonra otuz

dokuz sıfır) ton olması gerektiğini hesapladılar. Normal uzunluk ölçülerinde yay

kuramının kestirimleri genel görelik kuramınkilerle aynı olacak, ama çok küçük

aralıklarda, santimetrenin milyon kere milyon kere milyon kere milyarda (1'den

sonra otuz üç sıfır) birinden az uzaklıklarda, değişik olacaktı.

Ne yazık ki bu çalışma pek dikkat çekmedi çünkü tam o sırada pek çok kişi,

güçlü kuvvete ilişkin yay kuramını bırakmış, gözlemlere daha güzel uyduğu için

kuvark ve gluonlara dayalı kurama girişmişti. Scherk acıklı koşullarda öldü

(şeker hastasıydı ve yanında insulin iğnesi yapacak kimse bulunmadığı bir sırada

komaya girdi). Böylece Schwarz, yay geriliminin çok daha yüksek olduğu

önerisi ile yay, kuramının hemen hemen tek destekçisi olarak kaldı.

1984'te yaylara ilgi, görünürde iki nedenle birdenbire yeniden uyandı.

Birincisi, süperçekimin sonlu olduğunu göstermede ve onu kullanarak

gözlemlediğimiz parçacık türlerini açıklamada pek bir ilerleme sağlanamamış

olmasıydı. İkincisi, Londra'da Queen Mary College'lı John Schwarz ve Mike

Green'in (Griyn) yayınladıkları, yay kuramının, gözlemlediğimiz bazı

parçacıklar gibi yapısında solaklık bulunan parçacıkların varlığını

açıklayabileceğini gösteren makaleydi. Nedenler her ne idiyse, bir sürü insan yay

kuramı üzerinde çalışmaya başladı ve derhal "başkacıl yay" denilen ve

gözlemlediğimiz parçacık türlerini açıklayabilecek gibi görünen yeni bir

uyarlaması geliştirildi.

Yay kuramları da sonsuzluklara yol açar ama başkacıl yay gibi

uyarlamalarında bunların birbirlerini tümüyle yokedecekleri düşünülmektedir

(böyle olduğu kuramlarının daha büyük bir sorunu var: uzay-zamanın olağan

boyutu değil de on ya da yirmi altı boyutu henüz kesin olarak bilinmiyor).

Bununla birlikte yay varsa tutarlı olabiliyorlar! Fazladan uzay-zaman boyutları

bilimkurguda doğal karşılanabilir; hatta aslında handiyse gereklidir, yoksa

göreliğe göre ışıktan hızlı gidilemeyeceği gerçeği yıldızlar arasında yolculuğun

çok uzun süreceği anlamına gelir. Bilimkurgudaki kanıya göre ise bir üst boyutta

kısa bir yol bulunabilir. Bunu kafamızda şöyle canlandırabiliriz: içinde

yaşadığımız uzay, iki boyutlu ve Şekil 10.7'deki halkanın yüzeyi gibi eğri olsun.

Halkanın iç kenarındaki bir yerden yine halkanın iç kenarında karşıdaki bir

yerden yine halkanın iç yüzeyinde bir yarım tur atmamız gerekir. Oysa üçüncü

boyutta gidebilseydiniz, kısa yoldan dümdüz karşıya geçebilirdiniz.

**Şekil 10.7**

Gerçekten tüm bu fazladan boyutlar varsa, biz niçin farkına varamıyoruz?

Niçin yalnızca üç tane uzay ve bir tane zaman boyutunu görebiliyoruz? Bunu

açıklamak için, öteki boyutların çok küçük santimetrenin milyon kere milyon

kere milyon kere milyon kere milyon kere milyonda biri kadar bir uzay parçası

içinde bükülü kaldığı düşüncesi öneriliyor. Öyle küçük bir uzay parçası ki bu,

boyutların farkında olamıyoruz: görebildiğimiz yalnızca uzay-zamanın büyük

ölçüde düz olduğu tek bir zaman ve üç uzay boyutu. Bir portakalın yüzeyi gibi,

yakından baktığımızda girinti çıkıntıları göremediğiniz için düzgün görünür.

Uzay-zaman da böyledir; küçük ölçekte on boyutlu ve son derece eğridir, ama

daha büyük ölçeklerde eğriliği ve fazladan boyutları göremezsiniz. Bu

betimleme doğruysa, geleceğin uzay yolcuları için kötü haber demektir; fazladan

boyutlar, uzay gemisinin geçemeyeceği denli küçük olacaktır. Ancak büyük bir

sorun daha var. Nasıl olmuş da boyutların tümü değil bazısı küçük bir topun

içinde yumak olmuş? Anlaşılan, evrenin ilk zamanlarında, tüm boyutlar

bükülüymüş. Öyleyse, niçin öteki boyutlar sımsıkı yumak gibi kalırken, bir

zaman ve üç uzay boyutu çözülüp düzelmiş?

Bunun bir yanıtı insancı ilkeden gelebilir. İki uzay boyutunun, bizim gibi

karmaşık varlıkların gelişmesine yeterli olamayacağı anlaşılıyor. Örneğin, tek

boyutlu bir dünyada yaşayan iki boyutlu hayvanlar yolda birbirlerini geçebilmek

için üst üste tırmanmak zorunda kalacaklardır. İki boyutlu bir yaratık, tümünü

sindiremediği bir şeyi yediğinde, sindirim artıklarını yuttuğu yoldan geri

çıkartmak zorunda kalacaktır, yoksa gövdesinin bir uçtan öbürüne kat eden bir

sindirim yolu yaratığı iki parçaya bölecek; ve zavallı iki boyutlu hayvanımız

ortadan ikiye ayrılacaktır (Şekil 10.8). Benzer biçimde, iki boyutlu bir yaratıkta

kan dolaşımının nasıl sağlanabileceğini de düşünmek zordur.

**Şekil 10.8**

Üçten fazla uzay boyutunda da sorunlar çıkacaktır. İki cisim arasındaki

kütlesel kuvvet uzaklıkta, üç boyutta olduğundan daha çabuk azalacaktır. (Üç

boyutta, uzaklık iki katına çıktığında kütlesel kuvvet 1/4'üne iner. Dört boyutta

1/8'ine ve beş boyutta 1/16'sına, vb. inecektir). Bunun önemli sonucu, dünya gibi

gezegenlerin güneş etrafındaki yörüngelerinin kararsız olacağıdır: dairesel

yörüngeden (öteki gezegenlerin kütlesel çekiminin neden olabileceği) en ufak bir

sapma, dünyanın güneşe ya da güneşten uzağa doğru bir sarmal çizerek

yörüngeden uzaklaşmasıyla sonuçlanacaktır. Ya yanardık ya da donardık.

Aslında, üçten çok uzay boyutunda kütlesel çekimin uzaklıkla aynı biçimindeki

bağıntısı, güneşin de, basıncın kütlesi çekimi dengelediği kararlı bir durumda

varolmayacağı anlamına gelir. Güneş ya parçalanacak, ya da çökerek bir kara

delik oluşturacaktır. Her iki durumda da Dünya'daki yaşam için ısı ve ışık

kaynağı olarak işe yaramazdı. Daha küçük ölçekte elektronları atomun çekirdeği

etrafında döndüren elektriksel kuvvetler de aynı kütlesel çekim kuvveti gibi

davranacaklardır. Böylece elektronlar atomdan kurtulup uzaklaşacaklar ya da

sarmal çizerek çekirdeğin üstüne düşeceklerdir. Her iki durumda da atomlar

bildiğimiz biçimde olmazdı.

O halde, yaşamın, en azından bildiğimiz biçimiyle, üç uzay ve bir zaman

boyutunun küçük bir yumak oluşturmadığı uzay-zaman bölgelerinde

varolabileceği açık. Bu zayıf insancı ilkeye başvurulabilir demektir, yeter ki yay

kuramı böyle bölgelerin varlığına olanak tanısın -zaten yay kuramı da gerçekten

buna izin veriyor. Tüm boyutların küçük bir yumak olduğu ya da dörtten çok

boyutun hemen hemen düz olduğu evrenin başka bölgeleri ya da başka evrenler

(başka ne demekse) olabilir pekala, ama böyle bölgelerde değişik sayıdaki etkin

boyutları gözlemleyecek zeki yaratıklar olmayacaktır.

Uzay-zamanın sahip olması gerektiği anlaşılan çok sayıdaki boyut

sorunundan başka, yay kuramının fiziğin en yüce birleşik kuramı olduğunu ileri

sürmeden önce, birkaç sorunun daha çözülmesi gerekiyor. Sonsuzlukların

tümünün birbirini götürüp götürmeyeceğini, ya da yay üzerindeki dalgalarla

gözlemlediğimiz parçacıkların ilişkisini tam olarak nasıl kuracağımızı henüz

bilmiyoruz. Bununla birlikte, önümüzdeki birkaç yıl içinde bu sorulara yanıtların

bulunması ve yüzyılın sonuna doğru yay kuramının, gerçekten fiziğin uzun

süredir peşinde koşulan birleşik kuramı olup olmadığının bilinmesi olasılığı

yüksek.

Ancak bir de, böyle bir birleşik kuram gerçekten varolabilir mi? Yoksa

aslında bir düş peşinde mi koşmaktayız? Üç olasılık var.

1. Tam bir birleşik kuram gerçekten var ve kafamızı çalıştırırsak bir gün

bulacağız.

2. Evrenin yüce bir kuramı yok; yalnızca evreni gittikçe daha doğru

betimleyen sonsuz bir kuramlar dizisi var.

3. Evreni tümüyle betimleyebilecek bir kuram yok; olaylar belli bir yere

kadar kestirebilir, bundan ötesi gelişigüzel ve keyfidir.

Bazıları tam bir yasalar takımı olsaydı, bu, Tanrı'nın niyetini değiştirme ve

dünyanın işine karışma özgürlüğünü çiğner diye üçüncü olasılığı

savunacaklardır. Bu biraz şu eski paradoksa benzer: Tanrı kaldıramayacağı

ağırlıkta bir taş yaratabilir mi? Ama Tanrı'nın niyetini değiştirmesi olayı zaten

St. Augustine'in işaret ettiği gibi, Tanrı'yı zaman içinde varolan bir varlık gibi

görme aldanışının bir örneğidir: zaman yalnızca Tanrı'nın yaratmış olduğu

evrenin bir özelliğidir. Anlaşılan, evreni kurduğu zaman, neye niyetlendiğini

biliyordu!

Tanecik mekaniğinin ortaya çıkışıyla, olayların tam bir doğrulukla

bilinmeyeceğini, her zaman bir miktar belirsizlik bulunacağını anar olduk.

İstenirse, belirsizlik içindeki bu gelişigüzellik Tanrı'dan bilinebilir, ancak

Tanrı'nın bu biçimde işe karışması çok tuhaftır: herhangi bir amaca yönelik

olduğu yolunda bir kanıt yoktur. Gerçekten böyle bir işe karışma olsaydı, tanım

gereği gelişigüzel olmazdı. çağımızda, yukarıdaki üçüncü olasılığı, bilimin

ereğini yeniden tanımlayarak ortadan kaldırdık: ereğimiz, olayları yalnızca

belirsizlik ilkesinin saptadığı sınırlara kadar kestirebilecek bir yasalar takımını

ortaya koymaktır.

İkinci olasılık, gittikçe daha doğruya yakın kuramların sonsuz bir dizisi

olacağı, bugüne dek edindiğimiz tüm deneyimlere uygun. Birçok kez,

ölçümlerimizin duyarlığını artırdığımızda, varolan kuramların kestiremediği yeni

olgularla karşılaştık ve bunları açıklayabilmek için daha ileri kuramlar

geliştirmek durumunda kaldık. O halde, büyük birleşik kuramların bugünkü

kuşağının, 100 GeV yöresinde elektrozayıf birleştirme enerjisi ile bir milyon

milyar GeV yöresinde büyük birleştirme enerjisi arasında önemli hiçbir şey

olmayacağını ileri sürmekte yanılgıya düştüğünün ortaya çıkması pek de şaşırtıcı

olmayacaktır. Aslında şimdi "temel" parçacıklar olarak ele aldığımız kuvark ve

elektronlardan daha temel yapı katmanları bulmamız da olasıdır.

Ancak, öyle görünüyor ki kütlesel kuvvet, bu "kutu içinde kutu" dizisine bir

sınır getirebilir. Planck enerjisi denilen on milyon kere milyon kere milyon

GeV'dan (1'den sonra on dokuz sıfır) fazla enerjisi olan bir parçacığın kütlesi o

denli sıkışık olurdu ki, parçacık kendini evrenden koparıp küçük bir kara delik

oluşturdu. Böylelikle, gittikçe daha doğru kuramlar dizisinin, daha yüksek

enerjilere çıkıldıkça bir sınırı olacağı ve bundan dolayı evrenin bir yüce kuramı

olduğu sanılıyor. Şimdilerde laboratuarlarda üretebildiğimiz en yüksek enerji

olan yaklaşık yüz GeV, Planck enerjisinden çok çok uzakta doğal olarak. Bu

aralığı parçacık hızlandırıcılarıyla yakın gelecekte kapatamayacağız! Ama,

evrenin en baştaki aşamaları, böylesi enerjilerin ortaya çıkmış olması gereken

durumlardır. Sanırım, evrenin ilk çağları ve matematik tutarlılığın gerekleri

üzerinde sürdürdüğümüz çalışmaların, bugün aramızda bulunanların bir çoğunun

ömürleri bitmeden tam bir birleşik kurama ulaşması olasıdır, daha önce kendi

kendimizi havaya uçurmamışsak.

Peki, evrenin yüce kuramını gerçekten bulmuş olmamız ne anlama

gelecektir? Birinci bölümde açıklandığı gibi, kuramlar kanıtlanamayacağı için,

gerçekten doğru kuramı bulduğumuzdan hiçbir zaman emin olamayacağız. Ama,

kuram matematik açıdan tutarlı ve gözlemlere uyan kestirimler veriyorsa,

aradığımız kuram olduğuna akla uygun ölçülerde inanabiliriz. Bu, insanlığın

evreni anlamak için aydınca savaşın tarihinde uzun ve şanlı bir bölümü sona

erdirmiş olacaktır. Ama aynı zamanda, sıradan insanın evreni yöneten yasaları

anlayışını da kökten değiştirecektir. Newton'ın zamanında, aydın bir kişi,

insanlığın bilgi dağarcığının tümünü, en azından kaba çizgileriyle bilebilirdi. O

günden beri, bilimin gelişme hızı bunu olanaksız kıldı. Kuramlar, yeni

gözlemlere uyacak biçimde sürekli değiştirildiğinden, bir türlü yeterince

sindirilip basitleştirilemiyor ki sıradan insanlar anlayabilsin. Mutlaka konunun

uzmanı olmanız gerekiyor, o zaman bile bilimsel kuramların ancak çok az bir

bölümünü yeterince kavrayabilmeyi umabilirsiniz. Üstelik, ilerlemenin baş

döndürücü hızı, okulda ya da üniversitede öğrencileri çabucacık eskitiyor.

Yalnızca az sayıda birkaç kişi, bilginin hızla ilerleyen ön saflarına ayak

uydurabiliyor; bunlar da tüm zamanlarını harcayıp ancak dar bir alanda

uzmanlaşabiliyorlar. Nüfusun geri kalanının yapılan ilerlemelerden ve bunların

yol açtığı heyecandan çok az haberi oluyor. Yetmiş yıl önce, Eddington'a

inanılırsa, genel görelik kuramını anlayan yalnızca iki kişi vardı. Bugünlerde on

binlerce üniversite mezunu anlıyor bu düşünceyi, milyonlarca kişinin ise en

azından bir tanışıklığı var. Eğer tam bir birleşik kuram ortaya çıkarılırsa, zaman

içinde o da aynı biçimde sindirilip basitleştirilecek ve en azından kaba

çizgileriyle okullarda okutulacaktır. İşte o zaman evreni yöneten ve varlığımızın

sorumlusu yasaları hepimiz anlayabileceğiz.

Tam bir birleşik kuramı ortaya çıkaramasak bile, bu, olayları genelinde

kestiremeyeceğiz demek değildir, iki nedenden dolayı. Birincisi tanecik

mekaniğinin belirsizlik ilkesinin kestirme gücümüze getirdiği sınırlamadır. Bunu

ortadan kaldırmamızın hiçbir yolu yok. Ancak uygulamada bu ilk sınırlama,

ikincisinden çok daha az kısıtlayıcı, İkincisi, kuramın denklemlerini, çok basit

durumlar dışında, tam olarak çözemememiz gerçeğinden kaynaklanıyor.

(Newton'ın kütlesel çekim kuramında bile, üç cismin devinimini tam olarak

hesaplayamıyoruz; cisimlerin sayısı ve kuramın karmaşıklığıyla zorluk daha da

artıyor.) Maddenin davranışını yöneten yasaları, en uç koşullar dışında, şimdiden

biliyoruz. Özellikle, tüm kimya ve biyolojinin temelinde yatan ana yasaları

biliyoruz. Bununla birlikte henüz bazı konuları çözülmüş sorunlar katına

çıkaramadık; örneğin, insan davranışını matematik denklemlerden kestirebilmek

konusunda pek başarı sağlayamadık! Bundan dolayı, tam bir ana yasalar takımı

bulsak bile, gerçekçi karmaşık durumlar için olası sonuçları yararlı bir biçimde

kestirebilecek daha iyi yaklaşım yöntemleri geliştirmek, önümüzde yıllar alacak

bir aydın görevi olarak duracaktır. Tam ve tutarlı bir birleşik kuram yalnızca ilk

adım: ereğimiz, çevremizdeki olayları ve kendi varlığımızı tümüyle anlamaktır.

**11 Sonuç**

Kendimizi şaşırtıcı bir dünyada bulmaktayız. Çevremizde gördüğümüz her

şeyden bir anlam çıkarmak istiyor ve şu soruları soruyoruz: evrenin doğası

nedir? Onun içindeki yerimiz ne, o ve biz nereden geldik? Evren niye böyle?

Bu sorulara yanıt verebilmek üzere bir "dünya tablosu" benimsiyoruz. Tepsi

gibi dünyayı sırtında taşıyan sonsuz kaplumbağalar kulesi nasıl bir tablo ise,

süperyaylar kuramı da öyle bir tablodur. İkincisi çok daha matematiksel ve

hatasız olmasına karşın, her ikisi de evreni açıklamaya yönelik kuramlardır. Her

iki kuram da gözlemsel kanıttan yoksundur; hiç kimse sırtında bir dünya ile dev

bir kaplumbağa görmemiştir, ama öte yandan bir süperyay gören de olmamıştır.

Elbette, kaplumbağa kuramı iyi bir bilimsel kuram olma başarısını gösteremez,

çünkü insanların dünyanın kenarından yuvarlanıp düşeceklerini öngörür.

Deneyimler bunun böyle olduğunu göstermemiştir, ancak Bermuda Üçgeninde

kaybolduğu ileri sürülen insanları açıklamak için ortaya atılmazsa!

Evreni betimleme ve açıklamaya yönelik ilk kuramsal çabalar, doğadaki

olayların, tıpkı insan gibi ve önceden kestirilmeyecek biçimde davranan, insan

duygularına sahip ruhlar tarafından yönetildiği düşüncesini içermekteydi. Bu

ruhlar, güneş ve ay gibi göksel cisimlerle, nehir ve dağ gibi doğal cisimlerin

içinde yaşamaktaydı.

Toprağın verimliliğini ve mevsimlerin dönüşünü sağlama bağlamak için

kurbanlar ve adaklar gerekirdi onlar için. Ama yavaş yavaş bazı belirli

düzenlerin bulunduğu fark edilmiş olmalı: güneş tanrısına herhangi bir kurban

verilmesine bağlı olmaksızın güneşin her zaman doğudan yükselmesi ve batıdan

alçalması gibi. Ayrıca, güneş, ay ve gezegenler gökyüzünde önceden akla uygun

duyarlıkta kestirilebilen yörüngeler izlemekteydi. Güneş ve ay hala tanrı

olabilirdi ama onlar artık, güneşin Yahova için durduğu biçimindeki öyküler

dışında yasalara kesinlikle uyan tanrılardı.

Bu yasalar ilk önceleri gökbilimi ve diğer birkaç durum için bilinmekteydi.

Ama uygarlık ilerledikçe, özellikle son 300 yılda, yeni yeni birçok yasa ve düzen

bulundu. Bu yasaların başarısı, on dokuzuncu yüzyılın başında Laplace'ı bilimsel

belirlenirlik ilkesini ortaya atmaya yöneltti, yani evrenin belli bir andaki durumu

bilindiğinde, onun evrimini belirleyecek bir yasa takımı olması gerekiyordu.

Laplace'ın belirlenirliği iki yönden eksikti. Yasaların nasıl seçilmesi

gerektiğini söylemiyordu ve evrenin ilk durumunu belirlemiyordu. Bunlar

Tanrı'ya bırakılmıştı. Evrenin nasıl başladığını ve hangi yasalara uyduğunu Tanrı

seçerdi ama evren bir kez başladı mı artık onun gelişmesine karışmazdı. Aslında,

Tanrı'nın sının on dokuzuncu yüzyıl biliminin anlamadığı alanlarda çizilmişti.

Şimdi biliyoruz ki Laplace'ın belirlenirlik umutları gerçekleşemez, en

azından onun aklından geçtiği biçimiyle. Tanecik mekaniğinin belirsizlik ilkesi,

bir parçacığın konumu ve hızı gibi belli nicelik çiftlerinin aynı anda her iki

öğesinin de kesin doğrulukla saptanamayacağını söylemektedir.

Tanecik mekaniği bu durumu, parçacıkların kesin tanımlı konum ve

hızlarının olmadığı, bunun yerine dalgalarla gösterildiği bir sınıf tanecik

kuramlarını kullanarak ele alır. Bu tanecik kuramları, dalganın zaman içinde

evrimine ilişkin yasaları ortaya koymaları anlamında belirlenirliğe uyar. Şu

halde, dalga belli bir anda biliniyorsa başka bir an için hesaplanabilir.

Kestirilemeyen, gelişigüzel öğe, dalgayı ancak parçacıkların konumu ve hızı

biçiminde yorumlamaya kalktığımız zaman ortaya çıkar. Ama belki bu bizim

yaptığımız bir yanlışlık: belki de parçacığın konumu ve hızı diye bir şey yok,

yalnızca dalga var. Dalgayı daha önceleri kavradığımız konum ve hıza ilişkin

düşünce kalıpları içine uydurmaya çalışıyor olabiliriz. Sonuçta ortaya çıkan

uyuşmazlık görünürdeki bu kestirilemezliğin nedeni olabilir.

Esas olarak bilinen görevini, olayları belirsizlik ilkesinin çizdiği sınırlara

kadar önceden hesaplayabileceğimiz yasaları bulma biçiminde yeniden

tanımladık. Ama şu soru hala duruyor: yasalar ve evrenin ilk durumu nasıl ya da

niçin seçilmiştir?

Bu kitapta kütlesel çekimi yöneten yasalara özel önem verdim, çünkü dört

sınıf kuvvet arasında en zayıfı olmasına karşın, evrenin büyük ölçekteki yapısını

biçimlendiren, kütlesel çekim kuvvetidir. Kütlesel çekim yasaları yakın bir

geçmişe kadar doğru kabul edilen, evrenin değişmediği görüşü ile uyuşmadığı

gibi, bu kuvvetin her zaman çekici olması, evrenin ya genişlediğini ya da

büzüldüğünü üstü kapalı biçimde söylemektedir. Genel görelik kuramına göre

geçmişte, zamanın gerçek anlamıyla başladığı büyük patlama denen sonsuz

yoğun bir durumun olması gerekmektedir. Benzer biçimde, gelecekte bütün

evren çökecek olursa, büyük çatırtı denen ve zamanın bittiği başka bir sonsuz

yoğun durumun olması gerekmektedir. Evrenin tümü çökmese bile, kara

delikleri oluşturmak üzere çöken bölgelerde tekil noktalar ortaya çıkacaktır. Bu

tekillikler, kara deliğin içine düşen herkes için zamanın sonu anlamına

gelmektedir. Büyük patlama anında ve diğer tekil noktalarda bütün yasalar

işlemez olacağı için, Tanrı hala canı istediği gibi olacakları seçme ve evreni

başlatma özgürlüğüne sahiptir.

Tanecik mekaniğini genel görelikle birleştirdiğimiz zaman daha önce

görülmeyen yeni bir olanak ortaya çıkar; uzay ve zaman beraberce, dünyanın

yüzeyi gibi ama daha fazla boyutlu, tekil noktaların ve sınırların olmadığı, dört

boyutlu bir uzay oluşturabilir. Öyle görünüyor ki, bu düşünce, evrenin büyük

ölçekteki düzgünlüğü ya da daha küçük ölçekteki, galaksi, yıldız, ve hatta

insanoğlu örneği bu düzgünlükten sapmaları gibi, evrenin gözlemlediğimiz

özelliklerini açıklayabilir. Hatta gözlemlediğimiz zamanın okunu bile

açıklayabilir. Fakat, evrenin hiçbir tekil noktası ve sınırı yoksa ve bir birleşik

kuramla tamamen betimlenebiliyorsa, bu Tanrı'nın Yaratıcı rolüne ilişkin derin

kuşlular uyandırmaz mı?

Einstein bir zamanlar şu soruyu sormuştu: "Tanrı evreni kurarken ne kadar

seçme özgürlüğüne sahipti?" Eğer sınırsızlık önerisi doğruysa ilk koşulları

seçmek gibi bir özgürlüğü hiç yoktu. Elbette, evrenin işleyiş kurallarını seçme

özgürlüğüne hala sahip olabilirdi. Ama bu, öyle esaslı bir seçme özgürlüğü

sayılmayabilir; pekala da, kendi içinde tutarlı, ve insanoğlu gibi evrenin

yasalarını araştırıp Tanrı'nın doğasına ilişkin sorular sorabilecek karmaşık yapıda

varlıkların ortaya çıkmasına izin veren, yalnızca bir tek ya da çok az sayıda,

başkacıl yay kuramına benzer tam birleşik kuramlar olabilir.

Yalnızca bir tek birleşik kuram olanaklı olsa bile, bu kural ve denklem

takımlarından başka bir şey değildir. Bu denklemlere yaşam veren ateşi üfleyen

ve onlara betimleyecekleri evreni sağlayan asıl şey nedir? Bilimin matematiksel

modeller kuran genel yaklaşımı, modelin betimlemesi için neden bir evren

olması gerektiğine ilişkin sorulara yanıt veremez. Evren niye kalkıp da varolma

rahatsızlığına katlanıyor? Birleşik kuram o kadar zorlayıcı mı ki, kendi varlığını

ortaya çıkarıyor? Yoksa bir yaratıcıya gereksinimi mi var; öyleyse, o yaratıcının

evren üzerinde başka bir etkisi var mı? Ve onu kim yarattı?

Bilim adamlarının çoğu bugüne kadar evrenin ne olduğu sorusuna yanıt

aramakla son derece meşgul olup, niçin diye sormaya fırsat bulamadılar. Öte

yandan, görevleri niçin diye sormak olan diğer kişiler, filozoflar, bilimsel

kuramların gelişmesine ayak uyduramadılar. On sekizinci yüzyılda, filozoflar

insanoğlunun tüm bilgisini, bilimi de kapsayarak kendi uzmanlık alanları içinde

görüp, "Evrenin başı var mıydı?" gibi soruları tartıştılar. Ancak, on dokuzuncu

ve yirminci yüzyıllarda bilim, filozoflar ya da birkaç uzman dışında herkes için

son derece teknik ve matematiksel oldu. Filozoflar araştırmalarının alanını o

denli daralttılar ki, bu yüzyılın tanınmış filozoflarından Wittgenstein

(Vitgınstayn) "Felsefenin geriye kalan tek görevi, dillerin çözümünü yapmak"

dedi. Aristo'dan Kant'a uzanan felsefenin büyük geleneğinden sonra ne korkunç

bir düşüş!

Günün birinde eksiksiz bir birleşik kuram bulursak, bu, yalnızca birkaç

bilimci tarafından değil, genelinde herkes tarafından anlaşılabilir olmalı. İşte o

zaman biz hepimiz, filozoflar, bilimciler ve sokaktaki adam, "biz ve evren niçin

varız?" sorusunu tartışabileceğiz. Hele bunu yanıtlayabilirsek, insan aklının en

yüce zaferi olacak -çünkü o zaman Tanrı'nın aklıdan neler geçtiğini bileceğiz.

**Kısa Yaşam Öyküleri**

**Albert Einstein**

Einstein'ın atom bombası politikası ile bağlantısı çok iyi bilinir: Amerika

Birleşik Devletleri'ni, atom bombası yapma düşüncesini ciddiye almaya ikna

eden Başkan Franklin Roosevelt'e (Ruzvelt) yazılan meşhur mektubu imzalamış

ve savaş sonrası, nükleer savaşı önleme çabalarına katılmıştı. Ama bunlar

politika dünyasına sürüklenmiş bir bilimcinin tek tük ortaya koyduğu kopuk

eylemler değildi. Aslında Einstein'ın yaşamı, kendi sözleri ile, "politika ve

denklemler arasında bölünmüştü ".

Einstein'ın ilk politik eylemleri, Birinci Dünya Savaşı sırasında Berlin'de

profesörken başlar. İnsan yaşamının boş yere harcanmasına dayanamayarak,

savaşa karşı gösterilerde yer aldı. Halkı kurallara uymamaya çağırması ve

zorunlu askere yazılmaya karşı çıkmak üzere cesaretlendirmesi, meslektaşları

arasında pek sevgiyle karşılanmadı. Savaştan sonra, çabalarını uzlaşma ve

uluslararası ilişkileri geliştirmeye yöneltti. Bu da onu, o kadar sevilen birisi

yapmadı, artık bir süre sonra politikası, ders vermek için bile Birleşik Devletleri

ziyaret etmesini zorlaştırıyordu.

Einstein'in ikinci büyük ülküsü Siyonizm'di. Yahudi bir aileden gelmesine

rağmen, Tevrat'daki Tanrı düşüncesini reddediyordu. Bununla birlikte, Birinci

Dünya Savaşı öncesi ve sırasında artan antisemitizmin bilinci, Einstein'ı yavaş

Yahudi toplumuyla özdeşleşmeye ve daha sonra da Siyonizm'in en büyük

savunucularından biri olmaya götürdü. Bir kez daha, düşman kazanmak onu

inandıklarını söylemekten geri çevirmedi. Kuramları saldırıya uğradı; hatta

kişiliğine karşı bir örgüt bile kuruldu. Adamın biri, başkalarını Einstein'ı

öldürmeye kışkırtma suçundan hüküm giydi (ve sadece altı dolar cezaya

çarptırıldı). Ama Einstein serinkanlılığını hep korudu: Einstein 'a Karşı 100

Yazar adlı bir kitap yayınlandığı zaman, "Eğer haksız olsaydım, yalnızca bir

tanesi yeterdi!" diyerek karşılığını verdi.

1933 yılında Hitler iktidara geldi. Einstein o zaman Amerika'daydı ve

Almanya'ya dönmeyeceğini ilan etti. Bunun üzerine, Nazi milisleri evini basıp,

banka hesabına el koyarken, bir Berlin gazetesi de "Einstein'dan İyi Haber, Geri

Gelmiyor" biçiminde başlık atıyordu. Nazi tehlikesi karşısında, Einstein,

barışseveriik düşüncesini terk etti ve en sonunda, Alman bilimcilerinin atom

bombasını yapmalarından korkarak, Birleşik Devletlerin de kendi bombasını

geliştirmesini önerdi. Ama daha ilk atom bombası patlatılmadan, kamuoyunu

nükleer savaşın tehlikelerine karşı uyarıyor ve nükleer silahların uluslararası

denetimini öneriyordu.

Yaşamı boyunca, Einstein'ın barışa yönelik çabaları pek kalıcı sonuçlar

doğurmadı ve kesinlikle ona arkadaş kazandırmadı. Ama Siyonizm ülküsüne

verdiği açık destek, 1952 yılında kendisine İsrail'in Cumhurbaşkanlığı önerildiği

zaman hakkıyla tanınmış oldu. Politika için çok toy olduğunu söyleyerek, bunu

reddetti. Ama belki de gerçek nedeni başkaydı: yine ondan alıntıyla,

"Denklemler benim için çok daha önemlidir, çünkü politika bugün içindir, oysa

ki bir denklem sonsuzluk içindir."

**Galileo Galilei**

Modern bilimin doğuşunu Galileo kadar belki de hiç kimse etkilememiştir.

Felsefenin temelinde Katolik Kilisesiyle olan ünlü çelişkisi yatmaktadır, çünkü

Galileo, insanın, dünyanın nasıl işlediğini kavramayı umabileceğini ve üstelik

bunu, gerçek dünyayı gözlemleyerek elde edebileceğini ileri süren ilk kişiydi.

Galileo, Kopernik'in kuramına (gezegenlerin güneş etrafında döndüğü

kuramı) ta baştan beri inanmaktaydı, ama ancak, bu görüşü doğrulayacak

kanıtları bulduktan sonra yaygın olarak desteklemeye başladı. Kopernik'in

kuramına ilişkin İtalyanca (normal olarak kullanılan akademik Latince değil)

yazılar yayınladı ve görüşleri kısa bir süre içinde üniversite dışında da geniş

destek gördü. Bu, Aristocu profesörleri çileden çıkartarak, Katolik Kilisesini,

Kopernik'in düşüncelerini yasaklamaya ikna etmek üzere Galileo'ya karşı

birleşti.

Bundan endişelenen Galileo, kilise yetkilileri ile görüşmek üzere Roma'ya

gitti. İncil'in amacının bilimle uğraşmak olmadığını, İncil'in sağduyuyla çeliştiği

yerlerde ise ancak mecazi anlamı olabileceğini savundu. Ama kilise,

Protestanlığa karşı verdiği savaşı köstekleyecek herhangi bir skandaldan

korkmaktaydı ve bu yüzden baskı önlemlerine başvurdu. Kopernik'çiliği 1616

yılında "yanlış ve asılsız" ilan ederek, Galileo'ya, kesinlikle bir daha bu öğretiyi"

tutmamayı ve savunmamayı" buyurdu. Galileo buna razı oldu.

1623 yılında Galileo'nun eski bir arkadaşı papa oldu. Galileo hemen 1616

buyruğunun kaldırılması çabalarına girişti. Bunu başaramadı ama şu iki koşulla,

Aristo ve Kopernik kuramlarının her ikisini de anlatan bir kitap yayınlama izni

almayı becerdi: taraf tutmayacaktı ve insanoğlunun hiçbir şekilde dünyanın nasıl

işlediğini belirleyemeyeceği sonucuna ulaşacaktı, çünkü Tanrı aynı olayları,

onun mutlaka gücüne kısıtlamalar koyamayacak insanoğlunun kafasında hiçbir

zaman canlandıramayacağı biçimlerde gerçekleştirebilirdi.

"İki Ana Dünya Sistemine İlişkin Diyalog" adlı kitap, sansürcüleri de

arkasına alarak 1632 yılında tamamlandı ve basılır basılmaz Avrupa'da edebi ve

felsefi bir başyapıt olarak karşılandı. Papa, bir süre sonra halkın kitabı

Kopernikçilik'ten yana yorumladığının farkına vararak, yayınlanmasına izin

verdiğinden pişmanlık duydu. Sansürcülerin resmi onayından geçmiş olmasına

karşın, kitabın yine de 1616 buyruğuna karşı geldiğini ileri sürdü. Galileo'yu

Engizisyon'un önüne çıkardı. Engizisyon Galileo'yu ömür boyu ev hapsine ve

Kopernikçiliği halk önünde reddetmeye mahkum etti. Galileo bir kez daha razı

oldu.

Galileo Katolikliğe bağlı kaldı, ama bilimin bağımsızlığına olan inancı hiçbir

zaman kırılmadı. 1642'deki ölümünden dört yıl önce hala ev hapisindeyken,

ikinci büyük kitabının el yazmaları Hollanda'da bir yayıncıya kaçırıldı. İşte "İki

Yeni Bilim" diye bilenen bu çalışma, Kopernik'e olan desteğinin de ötesinde,

modern fiziğin doğuşu olacaktı.

**Isaac Newton**

Isaac Newton hoş bir adam değildi. Diğer akademi üyeleriyle ilişkileri çok

kötü idi ve yaşamının son bölümleri ateşli anlaşmazlıklarla geçmişti. "Principia

Mathematica " -kuşkusuz fizik alanında yazılmış en etkili kitaptır -

yayınlandıktan sonra şöhreti halkın gözünde hızla yükseldi. Kraliyet Derneğine

başkan olarak atandı ve şövalyelik nişanı verilen ilk bilimci oldu.

Newton kısa bir süre sonra, kendisine Principia için çok gerekli verileri

sağlayan ama şimdi istediği bilgileri vermeyen Kraliyet Gökbilimcisi John

Flamsteed (Flamstiyd) ile çatıştı. Newton hayır diye bir yanıt kabul etmezdi;

kendisini Kraliyet Gözlemevinin yönetici kadrosuna atattırdı ve verilerin derhal

basılması için zorlamaya başladı. En sonunda, Flamsteed'in ölümcül düşmanı

Edmond Halley (Hali) tarafından basıma hazırlanmasını düzenledi. Flamsteed

bunun üzerine mahkemeye başvurdu ve çalınmış çalışmalarının dağıtımını

engelleyecek bir mahkeme kararını tam zamanında çıkardı. Öfkelenen Newton,

öcünü, Principia'nın sonraki basımlarında Flamsteed'e ait referansların hepsini

sırayla çıkartarak aldı.

Alman filozof Gottrieb Leibniz (Laybnitz) ile daha da ciddi bir

anlaşmazlıkları vardı. Leibniz ve Newton'un her ikisi de birbirinden bağımsız

olarak, modern fiziğin büyük ölçüde temeli olan "calculus" denen bir matematik

dalını geliştirmişlerdi. Newton'un bu yöntemi Leibniz'den yıllar önce bulduğunu

şimdi biliyorsak da, bu çalışmasını Newton çok daha sonra bastırmıştı. İki tarafı

da savunan bilimcilerle birlikte, kimin birinci olduğuna ilişkin korkunç bir patırtı

kopmaktaydı. İşin garip tarafı, Newton'u savunuyor gözüken yazıların çoğu

Newton'un kendisi tarafından kaleme alınmış ve arkadaşlarının adıyla

yayınlanmıştı. Kavga büyürken, Leibniz anlaşmazlığın çözümlenmesi için

Kraliyet Derneğine başvurma yanlışlığında bulundu. Newton, başkan olarak,

araştırma için "tarafsız" bir komite atadı, tesadüfen tamamen arkadaşlarından

oluşan! Bununla da kalmayıp, komitenin raporunu kendisi yazdı ve Leibniz'i

eser hırsızlığı ile suçlayarak bu raporu Kraliyet Derneği tarafından bastırdı. Daha

hala yetinmeyip, bu raporu konu alan bir yazıyı da Kraliyet Derneği'nin yayın

organında isimsiz yayınladı. Leibniz'in ölümünden sonra, Newton'un "Leibniz'in

kalbini kırmaktan" büyük bir zevk aldığını açıkladığı söylenir.

Bu iki anlaşmazlık sırasında Newton Cambridge'i ve akademik dünyayı

zaten terk etmişti. Önce Cambridge'de, sonra Parlamento'da antikatolik

politikaya katıldı ve en sonunda kazançlı bir iş olan Kraliyet Darphanesi

Müdürlüğü'ne getirildi. Yeteneklerini, burada sahtekarlığa karşı toplumca daha

kabul edilebilir biçimde, sahte para basmaya karşı büyük bir kampanyaya

önderlik ederek ve hatta birkaç kişiyi darağacına göndererek kullandı.

**Sözlük**

**A**

abak (abacus) Hesap tahtası

ağırlık (weight) Bir kütlesel çekim alanının bir cisme uyguladığı kuvvet.

Kütle ile doğru orantılı fakat ondan farklıdır.

alan (field) Bir anda tek bir konumda bulunabilen

parçacığa karşın, uzay ve zaman boyunca

varolabilen şey.

analiz (analysis) Çözümleme.

atom (atom) Sıradan maddelerin temel birimi. Proton ve nötronlardan bir

çekirdek etrafında dönen elektronlardan oluşur.

**B**

bakışık (symmetrical) Simetrik.

bakışım ekseni (axis of symmetry) Simetri ekseni

başkacıl yay kuramı (heterotic string theory)

belirlenir (deterministic)

belirlenirlik (determinism) Deterministik.

belirsizlik ilkesi (uncertainty principle) Heisenberg ilkesi.

benzeş (analogue) Analog

betimlemek (describe) Tasvir etmek.

beyaz cüce (white dwarf) Elektronlar arasındaki dışlama ilkesi itimiyle

ayakta duran kararlı soğuk yıldız.

boson (boson) Bkz. kütleli vektör boson.

bozunma (decay)

büyük birleşik kuram (BBK) (grand unified theory GUT) Elektromanyetik,

güçlü ve zayıf kuvvetleri birleştiren kuram.

büyük birleşim enerjisi (grand unification energy) Elektromanyetik, güçlü ve

zayıf kuvvetlerin ayrımının yok olduğu en düşük enerji düzeyi.

büyük çatırtı (big crunch) Evrenin sonundaki tekillik

büyük patlama (big bang) Evrenin başlangıcındaki tekillik.

büzülme (contract) Kararlı bir soğuk yıldızın en üst kütlesi.

büzüşme (contract) Bu sınırın üstünde bir kütlesi olan yıldız çökerek bir kara

delik oluşturmalıdır.

**C**

Chandrasekhar sınırı (Chandraskekhar limit)

Ç

çekirdek kaynaşması (nuclear fusion) İki atom çekirdeğinin çarpışıp daha

ağır tek bir çekirdek oluşturması işlemi.

çekirdek (nucleus) Atomun yalnızca, güçlü kuvvetin bir arada tuttuğu proton

ve nötronlardan oluşan özek bölgesi.

çevrim (cycle) Döngü, dönüş.

çıplak tekillik (naked singularity) Bir kara delik tarafından çevrelenmeyen

uzay-zaman tekilliği.

çizge (graph)

çöküş (collapse)

**D**

dalga/parçacık ikiliği (wave/particule duality) Tanecik mekaniğinin, dalga ve

parçacıklar ansında bir ayrım olmaması kavramı; parçacıklar bazen dalgalar gibi,

dalgalar da bazen parçacıklar gibi davranabilir.

dalgaboyu (wavelenght) Bir dalga için, iki dalga tepesi, ya da iki dalga

çukuru arasındaki uzaklık.

darbe (pulse)

detektör (detector) Bir şeyi ayırt eden, algılayan aygıt; alıcı.

determinizm (determinism) Belirlenirlik, gerekircilik.

devinim (motion, movement) Hareket.

dışlama ilkesi (exclusion principle) Birbirinin aynı iki 1/2-dönmeli parçacık

(belirsizlik ilkesinin sınırlan içinde) hem aynı konumda, hem de aynı hızda

olamazlar.

dizge (system) Sistem

doğal seçilim (natural selection) Darwin'in ilkesi.

dönme (spin) Temel parçacıkların içsel bir özelliği.

dünyaözekçi (geocentric cosmology) Özek olarak yerküresini alan

evrenbilimi görüşü.

durağan (stationary) Yerinden oynamayan, zamanla değişmeyen.

durağanlık (stationary state) Zamanla değişmeme durumu. Sabit bir hızla

kendi ekseni etrafında dönen bir küre durağandır, çünkü statik olmadığı halde

her an aynı görünür.

dürtü (impulse) Çok kısa zamanda etkisini gösteren kuvvet, darbe.

**E**

eğrilik (curvature)

elektrik yükü (electric charge) Bir parçacığın, aynı (ya da karşı) yükse

parçacıkları itmesi (ya da çekmesi) özelliği.

elektromanyetik kuvvet (electromagnetic force) Elektrik yüklü parçacıklar

arasında kuvvet. Dört temel kuvvetten en şiddetli ikincisi.

elektron (electron) Atomun çekirdeği etrafında dönen eksi elektrik yüklü

parçacık.

elektro zayıf birleşim enerjisi (electroweak unification energy) Daha üstünde

elektromanyetik kuvvet ile zayıf kuvvetin ayrımının ortadan kalktığı yaklaşık

100 GeV'luk enerji.

eliptik (elliptical) Oval, beyzi, çeltik daire biçiminde.

enerjinin korunumu (conservation of energy)

entropi (entropy) Enerji (ya da eşdegeri olan kütlenin) ne yaratılabileceğini

ne de yokedilebilecegini belirten bilim yasası.

erken kara delik (primordial black hole) Evrenin ilk evrelerinde yaratılmış

kara delik.

eter (ether) Kainat.

evren çizgisi (world-line)

evren yüzeyi (world-sheet)

evren (universe)

evrenbilimi (cosmology) Evreni bir tüm olarak ele alan bilim, kozmoloji.

evrenbilimsel sabit (cosmological constant) Einstein'in uzay-zamana içsel bir

genişleme eğilimi vermek için kullandığı matematik araç.

evrim (evolution)

**F**

faz (phase) Bir dalga için, belli bir anda, çevrimindeki konumu; dalganın

çukurda, tepede ya da arada bir noktada bulunmasının ölçüsü.

faz geçişi (phase transition)

foton (photon) Bir ışık taneciği.

frekans (frequency) Bir dalga için saniyedeki çevrim sayısı.

**G**

galaksi (galaxy) Yıldız kümesi ya da yıldız kümesi oluşturacak madde

topluluğu.

gama ışını (gamma ray) Çok kısa dalgaboyu elektromanyetik dalga.

Radyoaktif bozunma ya da temel parçacıkların çarpışmasıyla ortaya çıkar.

genel görelik kuramı (theory of general relativity) Einstein'in deviniminden

bağımsız olarak her gözlemci için bilim yasalarının aynı olacağı düşüncesine

dayanan kuramı. Kütlesel çekim kuvvetini dört boyutlu uzay-zamanın eğriliği ile

açıklar.

girişim (interference)

gizemli (mystic) esrarengiz, mistik.

gluon (gluon) Einstein'in ünlü kuramı, izafiyet kanunu.

gökbilimi (astronomy) Astronomi.

görelik kuramı (theory of relativity) Bk. özel görelik kuramı, genel görelik

kuramı.

gözlem (observation) Rasat.

graviton (graviton) Çekim parçacığı.

güçlü kuvvet (strong force) Dört temel kuvvetin en güçlüsü ve menzili en

kısa olanı. Kuvarkları protonlar ve nötronları da atom çekirdeği oluşturacak

biçimde bir arada tutar.

güneşözekçi evrenbilim (heliocentric cosmology) Özek olarak güneşi alan

evren bilimi görüşü.

**I**

ışık konisi (Iight cone) Bir olaydan geçen ışık ışınlarının olanaklı yönlerini

çizen bir uzay zaman yüzeyi.

ışıkyılı (Iight-year) Işığın bir yılda (saniyede) aldığı yol.

ışıksaniyesi (Iight-second) Işık kaynağının parlaklık derecesi.

ışıltı (Iuminosty)

ışıma (radiation)

**İ**

insancı ilke (anthropic principle) İnsanı evrenin özeği ve ereği olarak ele alan

düşünüş, daha çok "insaniçinci" (anthropocentric) olarak geçer. Çünkü başka

türlü olsaydı, burada olup onu gözlemleyemezdik.

irimolekül (macromolecule)

ivme (acceleration) Bir nesnenin zamana göre hızındaki değişim .

**J**

jeodezik (geodesic) İki nokta arasındaki en kısa (ya da en uzun) yol.

**K**

kanıt (proof) Düşün yoluyla ispat.

kapatma (confinement)

kara delik (black hole) Kütlesel çekim çok şiddetli olduğundan ışığın bile

kaçamayacağı uzay-zaman bölgesi.

karmakarışık şişen model (chaotic boundary conditions)

karmakarışıklığın sınır koşulu (chaotic inflatonary model)

karmaşık (complicated)

karşıparçacık (anti particle) Her madde parçacığına karşılık bir karşıparçacık

bulunur. Parçacık karşıparçacığıyla çarpışınca, birbirlerini yokederler, geriye

yalnız enerji kalır.

kendiliğinden bozunma (spontaneous decay)

kestirim (periction) Gözlemleri önceden görme, hesaplama, tahmin, öngörü.

kırmızıya kayma (red shift) Bizden uzaklaşan bir yıldızın ışığının, Doppler

etkisi nedeniyle kırmızılaşması.

koordinat (coordinate) Bir noktanın konumunu uzay ya da zamanda bir

eksene göre belirleyen sayı.

kritik (critical) Dönüm noktasına ilişkin.

kuram (theory) Teori

kütle (mass) Bir cisimdeki maddenin niceliği; eylemsizlik, ya da ivmeye

direnci.

kütleli vektör boson (massive vector boson)

kütlesel çekim kuvveti (gravity)

kuvark (quark) Güçlü kuvvetten etkilenen (yüklü) temel parçacık; Proton ve

nötronların her biri üç kuvark taşır.

kuvasar (quasar)

**M**

manyetik alan (magnetic field) Manyetik kuvvetleri doğuran ve şimdi,

elektrik alanı ile birlikte elektromanyetik alanda ele alınan alan.

meson (meson)

mikrodalga zemin ışıması (microwave background radiation) Evrenin en

sıcak ilk evrelerinden gelen ışıma; şimdi öyle kırmızıya kaymıştır ki ışık olarak

değil, mikrodalgalar olarak algılanır.

mutlak konum (absolute position) Maddenin ısı enerjisinin sıfır olduğu en

düşük sıcaklık.

mutlak sıfır (absolute zero)

**N**

nötrino (neutrino) Çok hafif, belki de kütlesiz temel madde parçacığı;

yalnızca zayıf kuvvet ve kütlesel çekim kuvvetinden etkilenir.

nötron yıldızı (neutron star) Nötronlar arasındaki dışlama ilkesi itimiyle

ayakta duran bir soğuk yıldız.

nötron (neutron) Protona benzeyen yüksüz ve çoğu atomların çekirdeğindeki

parçacıkların yarısını oluşturan parçacık.

**O**

Oecam'ın traş bıçağı (Oecam's razor) Altın makas. Oecam, adcı (nominalist)

akımın savunucusu olan bir 13. yy. İngiliz filozoftur.

olay ufku (event horizon) Bir kara deliğin sınırı.

olay (event) Uzay-zamanda zamanı ve konumu ile beIirIenen bir nokta.

oylum (volume) Hacim.

**Ö**

ögreti (doctrine) Kestirim, tahmin, bir şeyin olacağını önceden bilebilmek

öngörü (prediction) Olayın ışık konilerinin dışı.

öteyer (elsewhere)

özek (center) Merkez.

özel görelik kuramı (theory of special relativity) Einstein'ın hızları ne olursa

olsun özgürce devinen her gözlemci için bilim yasalarının aynı olacağı

düşüncesine dayanan kuramı.

**P**

paradoks (paradox) Çelişki, aykırılık, tutmazlık.

parçacık hızlandırıcısı (partide accelerator) Elektromıknatıslar kullanarak,

devinen yüklü parçacıkların enerjilerini artırarak hızlarını yükselten makine.

Planck'ın tanecik ilkesi (Planck's quantum principle)

pozitron (positron) Işık (ya da herhangi klasik bir dalga) e nerjisi frekansı ile

orantılı tanecikler halinde yayınlanabilir ya da soğurulabilir düşüncesi.

proton (proton) Elektronun (artı yüklü) karşıparçacığı. Artı yüklü ve çoğu

atomların çekirdeğindeki parçacıkların yarısını oluşturan parçacık.

pulsar (pulsar)

**R**

radar (radar) Radyo dalgaları darbesi kullanarak nesnelerin konumunu

saplayan aygıt.

renk yelpazesi (spectrum) Örneğin bir elektromanyetik dalganın bileşke

frekanslarına ayrılması.

röntgen ışını (X-ray)

**S**

Saman Yolu (Milky Way) Dünyamızdan da gözleyebildiğimiz evrende bize

yakın bir yıldızlar kümesi.

sanal zaman (imaginary time) Sanal sayılarla ölçülen zaman.

sarmal (spiral) Spiral biçiminde.

sav (argument)

sezilgen parçacık (virtual partide) Gerçek olmayan fakat varlığı sezilebilen,

zımni parçacık.

sezyum (cesium) Bir element.

sığınık (refugee) Mülteci

sınırsızlık koşulu (no boundrary condition)

sonuşmaz özgürlük (asympotic freedom)

spektrum (specturm) Bkz. renk yelpazesi

stadyum (stadium) Yaklaşık 190 metreye karşılık çok eski bir uzunluk birimi.

statik (static) Devinimsiz, hareketsiz, sabit, değişmeyen.

süperçekim (supergravity)

süpernova (supernova)

süpersoğutulmuş (supercooled) Donma derecesinin altında dondurmadan

soğutulmuş.

süreç (process)

**Ş**

şişen evren modeli (inflationary model of the universe)

**T**

tanecik mekaniği (quaotum mechanics) Kuvantum mekaniği.

tanıt (evidence) Delil, delil ile ispat

tekil nokta (singular point) Bölünmeyen parçacık.

tekillik (singularity) Noktaları olayları tanımlayan dört boyutlu uzay.

tekillik teoremi (singularity theorem)

temel parçacık (elementary particle)

tez (thesis)

**U**

uydu (satellite)

uzay-zaman (space-time)

**Ü**

üstel (exponential)

**Y**

yapışkantop (glueball)

yay kuramı (string theory)

yeniden normalleştirme (renormalization)

yerçekimi (gravity) Yerkürenin kütlesel çekim kuvveti.

yetkin (perfect) Mükemmel.

yıldız kümesi (galaxy) Birlikte devinen yıldızlar topluluğu. Sistem.

yörünge (orbit)

**Z**

zaman oku (arrow of time)

zayıf kuvvet (weak foree) Dört temel kuvvetten kısa menzilli ve ikinci en

zayıf olanı. Kuvvet taşıyan parçacıklar dışında her madde parçacığını etkiler.\_\_