EVRENİN ZARAFETİ

ŞÜPERSİCİMLER, GİZLİ BOYUTLAR VE NİHAİ KURAM ARAYIŞI

BRIAN GREENE

ÇEVİRİ: EBRU KILIÇ

Tellekt

Can Yayınları
Bu tanıtım kopyası
Can okurları için
özel olarak hazırlandı.
Can Yayınları

EVRENİN ZARAFETİ

SÜPERSİCİMLER, GİZLİ BOYUTLAR VE NİHAİ KURAM ARAYIŞI

Tellekt_40

Evrenin Zarafeti: Süpersicimler, Gizli Boyutlar ve Nihai Kuram Arayışı, Brian Greene

Çeviri: Ebru Kılıç

The Elegant Universe
İlk (çeviride kaynak alınan) baskı: W. W. Norton, 1999, 2003
© 2003, 1999, Brian R. Greene
© 2022, Can Sanat Yayınları A.Ş.
Bu eserin Türkçe hakları Brockman, Inc. aracılığıyla alınmıştır.
Tüm hakları saklıdır. Tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

1. baskı: Nisan 2022, İstanbul
Bu kitabın 1. baskısı 3000 adet yapılmıştır.

Yayına hazırlayan: Didem Bayındır
Düzelti: Ebru Aydın
Mizanpaj: Bahar Kuru Yerek

Kapak Tasarımı ve Uygulama: Bora Başkan
İç Kapak Görseli: Bora Başkan

Baskı ve cilt: Türkmenler Matbaacılık Reklam San. ve Tic. Ltd. Şti.
Maltepe Mah. Gümüşsuyu Cad. No: 16-18
Topkapı, İstanbul
Sertifika No: 43087

ISBN 978-625-7118-71-2

Tellekt
tellekt.com • bilgi@tellekt.com

Maslak Mah. Eski Büyükdere Cad. İz Plaza Giz, No: 9/25 Sarıyer / İstanbul
Telefon: (0212) 252 56 75 / 252 59 88 / 252 59 89 Faks: (0212) 252 72 33
Sertifika No: 43514
Tellekt, Can Sanat Yayınları Yapım ve Dağıtım Ticaret ve Sanayi A.Ş.'nin markasıdır.

twitter.com/tellekt • facebook.com/tellekt • instagram.com/tellekt

EVRENİN ZARAFETİ

SÜPERSİCİMLER, GİZLİ BOYUTLAR VE NİHAİ KURAM ARAYIŞI

BRIAN GREENE

ÇEVİRİ:
EBRU KILIÇ

Tellekt

BRIAN GREENE, 1963'te New York'ta doğdu. Fizik alanındaki lisans eğitimini Harvard Üniversitesi'nde, doktora eğitimini ise Oxford Üniversitesi'nde aldı. 1996'dan beri Columbia Üniversitesi'nde profesör olan Greene, sicim kuramının günümüzdeki en önemli savunucularındandır. Yazarın diğer kitapları arasında *Until the End of Time* (Zamanın Sonuna Kadar), *Evrenin Dokusu* ve *Saklı Gerçeklik* yer alıyor.

EBRU KILIÇ, 1971'de Milas'ta doğdu. Bornova Anadolu Lisesi ve Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Uluslararası İlişkiler Bölümü'nü bitirdi. 1994-2003 döneminde çeşitli gazetelerin dış haberler servislerinde çalıştı. 1999'dan beri kitap çevirmenliği yapmaktadır. Manuel Castells'in *Ağ Toplumunun Yükselişi* ve Cyprian Broodbank'in *Orta Deniz'in Yapımı* başlıca çevirileri arasında yer alır.

Babamın hatırasına ve anneme,
sevgi ve minnetle

İÇİNDEKİLER

İKİNCİ BASKIYA ÖNSÖZ 11

BİRİNCİ BASKIYA ÖNSÖZ 17

BİRİNCİ KISIM: BİLGİNİN SINIRI

1. SİCİMLE BAĞLI 25

İKİNCİ KISIM: UZAY, ZAMAN VE KUANTA İKİLEMİ

2. UZAY, ZAMAN VE GÖZLEMCİNİN GÖZÜ 47

3. BÜKÜLMELER VE DALGALANMALAR ÜZERİNE 81

4. MİKROSKOBİK TUHAFLIK 117

5. YENİ BİR KURAM İHTİYACI: GENEL GÖRELİLİK KUANTUM MEKANİĞİNE KARŞI 155

ÜÇÜNCÜ KISIM: KOZMİK SENFONİ

6. MÜZİKTEN BAŞKA BİR ŞEY DEĞİL: SÜPERSİCİM KURAMININ ESASLARI 173

7. SÜPERSİCİMLERDEKİ "SÜPER" 209

8. GÖZE GÖRÜNENDEN DAHA FAZLA BOYUT 231

9. DUMANI TÜTEN TABANCA: DENEYSEL İMZALAR 259

DÖRDÜNCÜ KISIM: SİCİM KURAMI VE UZAYZAMANIN DOKUSU

10. KUANTUM GEOMETRİSİ 281

11. UZAYIN DOKUSUNU YIRTMAK 317

12. SİCİMLERİN ÖTESİ: M-KURAMI ARAYIŞI 339

13. KARA DELİKLER: BİR SİCİM YA DA M-KURAMI BAKIŞ AÇISI 381

14. KOZMOLOJİ ÜZERİNE DÜŞÜNCELER 411

BEŞİNCİ KISIM: 21. YÜZYILDA BİRLEŞME

15. SİCİM KURAMININ GELECEĞİ 443

NOTLAR 461

BİLİMSEL TERİMLER 479

OKUMA ÖNERİLERİ 493

DİZİN 495

İKİNCİ BASKIYA ÖNSÖZ

Evrenin Zarafeti'ni yazarken okur sayısının az olabileceğinin farkındaydım. Ne de olsa doğanın en derin yasalarını bulmaya yönelik modern arayışların zorluklarını ve zaferlerini konu alan bir kitap, sahilde esen meltemin tadını çıkarırken ya da uyumadan önce kıvrılıp yattığınızda elinize almayı düşüneceğiniz türden bir şey değil. Hele böyle soyut bir konunun bilimsel kişilikleri ya da tarihsel anekdotları değil de bilimi vurgulamak niyetiyle işlendiği bir kitap daha da küçük bir okur kitlesine hitap ediyormuş gibi görünebilir. Ama bu beni özellikle kaygılandırmıyordu, çünkü kendime sık sık (ve kuşkusuz biraz da melodramatik bir tınıyla) bir tek kişiye bile ulaşabilsem, onu yeni bir fikirler yelpazesiyle, kendisi ve evrendeki yeri hakkında düşünmenin yeni bir yoluyla tanıştırabilsem bunun yeterli olacağını söylüyordum. İster öğreniminin nasıl bir yön alacağına karar vermeye çalışan genç bir öğrenci olsun, ister gündelik yaşamın koşturmacasının ötesinde bir şey arayan iş dünyasından bir profesyonel, ister bilimdeki gelişmeler hakkında kitap okuyacak zamanı sonundan bulmuş emekli biri, o kişiye modern fizikten doğan yeni evren görüşüne varmasına kılavuzluk edebilirsem *Evrenin Zarafeti*'ni yazma işi harcadığım emeğe değmiş olurdu. Bu düşünce en azından, birçok yazarın önemli bir yazın projesinin ortasında karşılaştığı çetin dönemleri aşmama yardımcı oldu.

Görelilik, kuantum mekaniği ve benim kendi uzmanlık alanımda (süpersicim kuramı) vermekte olduğum genel düzeydeki çeşitli

konferanslara katılan, son araştırmaların ortaya çıkardığı tuhaf ve şaşırtıcı fikirlerle büyülenmiş görünen dinleyiciler de bana tekrar tekrar cesaret verdi. Uzayın ve zamanın şekillendirilebildiği bir evren, gördüğümüzden daha fazla boyutun bulunduğu bir evren, uzayın dokusunun yırtılabileceği bir evren, her şeyin sicim denilen ultramikroskobik enerji ilmeklerinin titreşimlerinden oluşuyor olabileceği bir evren insanları heyecanlandıran ve birçoklarının daha iyi anlaşılmasını istediği bir evrendi. *Evrenin Zarafeti* bu konferanslardan doğdu, benim niyetim formel matematik ya da fizik bilgisi olmayanlara aşinalık kazanmasını sağlayacak bir kitap yazmaktı. Önerimi ilk gösterdiğim yayınevi ajansı en baştan reddetse de –konunun genel bir yayıncının ilgisini çekmeyecek kadar özel bir konu olduğu tahmininde bulunmuştu– sahada konferanslar verirken bilim için duyulan coşkuyu hissedebiliyordum. Aşikârdı.

Evrenin Zarafeti işte bu coşkudan beslendi, sevindirici bir karşılık görmüş olması da evimiz dediğimiz bu yeri inceden inceye, cesurca araştırma yönünde birçoğumuzda bulunan o içten gelen dürtünün ifadesidir. Fiziğin bir yazara, hayal edilebilecek en muhteşem malzemelerden birini sunduğu yönündeki inancımı da doğrulamıştır. Hepimiz iyi bir hikâyeyi severiz. Hepimiz kolay kolay çözülmeyen bir gizemi severiz. Aşılamazmış gibi görünen engeller karşısında bastıran güçsüz ve zayıfı hepimiz severiz. Hepimiz şu ya da bu biçimde etrafımızdaki dünyayı anlamlandırmaya çalışıyoruz. Bütün bu unsurlar modern fiziğin özünde yatıyor. Hikâye derseniz, en görkemli hikâyelerden biridir: Bütün evrenin açılması. Gizem derseniz, en zorlularından biridir: Kozmosun nasıl oluştuğunu anlamak. Engeller derseniz, en göz yıldırıcı engeller arasında yer alır: Asırlardır var olan sırları gözler önüne sermeye çalışan, kozmik zaman ölçeğine göre yeni ortaya çıkmış iki ayaklılar. Arayış derseniz, en derin arayışlardan biridir: En küçük parçacıktan en uzak galaksilere varıncaya dek gördüğümüz her şeyi ve ötesini açıklayacak temel yasaların aranması. Bundan daha zengin bir başlangıç noktası daha düşünmek zordur.

Biliminsanları kimi zaman fiziğin içinde geliştiği insanın gözünü korkutan dil –matematik– ile cebelleştiği büyük fikirler arasındaki

ayrımı bulanıklaştırır. Ama bu benim *Huckleberry Finn'in Maceraları*'nı Yunancasını okuyarak değerlendirmeye çalışmam gibi olacaktır. Yunan alfabesini her zaman kullansam da bu dilden bir tek sözcük bile konuşamam, bu nedenle bu romanla ilgili izlenimim en hafif tabirle tehlikeli olacaktır. Keza, matematiksel engeller ortadan kaldırıldığında ve modern fizik kavramları herkesin anlayıp üstüne düşünebileceği aşina olduğumuz bir dille ifade edildiğinde bilime hiç ilgi duymadıklarını düşünen birçok kişi kendilerini büyülenmiş bulur. Modern fiziğin temaları teknik ifadelerinden sıyrıldıklarında gayet evrenseldir.

Son zamanlarda bu durum, fiziğin hiç olmadığı kadar görünür kültürel varlığı sayesinde bu giderek açıklık kazanmıştır – modern bilimden esinlenen tiyatro, müzik ve sanat eserlerinin sayısı giderek artmaktadır. Bilim yolculuğundaki insanı dramayı farklı ölçülerde ifade eden, yorumlayan ve genişleten, son dönemlerde sahnelenmiş yaklaşık bir düzine tiyatro oyunu, bir yaylı çalgılar kuarteti, çeşitli filmler, çok sayıda senaryo, bir opera, bir dizi tablo ve heykel biliyorum. Muhteşem olsa da bunu özellikle şaşırtıcı bulmuyorum. Neyin gerçek ve önemli olduğuyla ilgili algılarımı kuvvetle sarsan sanat ve edebiyattan her zaman çok etkilenmişimdir, karşılaştığım birçok kişinin de paylaştığı bir görüştür bu. İşte bu, geçen yüzyıl içinde fizik alanında yapılan en uzak erimli keşiflerin başardığı bir şeydir. Görelilik ve kuantum mekaniğinin önceden anlaşılmış gerçeklik kurallarını yeniden yazdığını, daha spekülatif olmakla birlikte süpersicim kuramının da bugün bir kez daha büyük değişiklikler ürettiğini söylemek abartılı olmaz. Sanatçılar, yazarlar, besteciler ve yönetmenlerin statükoya karşı bu bilimsel meydan okumalar ile kendi çalışmaları arasında yankılar bulmasında pek hayret edilesi bir şey yoktur.

Bu tek yönlü bir yol değildir. Fizikteki keşifleri kolektif dünya görüşümüzle bütünleştirmek yavaş ilerleyen bir süreçtir. Bugün, yaklaşık yarım yüzyıl sonra bile çoğu insan Einstein'dan gelen ya da kuantumun verdiği, deneysel olarak doğrulanmış dersleri henüz tam olarak anlamış değildir. Sanatlar bilimi korkusuzca sırtlayarak, onun büyüleyiciliğini eğlenceli özlü eserler ve dramlar üretmekte kullanarak bilimin dünyanın sohbetiyle tam olarak bütünleştirilmesini sağlayacak mükemmel ortam olabilir pekâlâ. Sanat dünyasında bilimden

esinlenen eserlerin bilimsel hayal gücünü harekete geçiren yeni bir etken olduğunu, muhtemelen somut olmayan bir biçimde bizi evreni anlamanın bir sonraki adımına hazırladığını görebiliriz. Şurası kesindir ki bilimi aydınlatan tümüyle kuvvetli, sayısal ve bilişsel keskin spot ışığının yerine insani duyarlılıkların daha yumuşak, daha belirsiz ışığının geçirilmesi, muazzam bir güce sahiptir. Bilim yaygın olarak, bizi yapan şeyin ayrılmaz bir parçası olarak görüldüğünde kozmosla olan bağlantımız ciddi oranda güçlenecektir; bilim gerçekten de hepimizi gerçeklik kumaşına dokuyan ipliktir.

Süpersicim kuramındaki gelişmelerle ilgili olarak, *Evrenin Zarafeti*'nin ilk basımını izleyen yıllar son derece verimli oldu ama birçoklarının hemen köşeyi dönünce gerçekleşivereceğini sandığı düşünce devrimi henüz olmadı. Bunun hem olumlu hem olumsuz sonuçları vardır. Olumlu açıdan bakarsak metindeki hiçbir şey eskimedi ya da önemini yitirmedi. Bugün sicim kuramı hakkında bir kitap yazıyor olsaydım, belki şurada burada küçük vurgu değişiklikleriyle o zaman yazdığım her şeyi kapsardım, ama sonuçta ortaya çıkan kitapla *Evrenin Zarafeti* çoğu kez birbirlerinden pek farklı olmazdı. Yapacağım en önemli iki değişiklikten biri, sicimler ile gerektirdikleri ek uzay boyutlarının genelde düşünüldüğünden biraz daha büyük olduğunu (bu *Evrenin Zarafeti* yazıldığı sırada geliştirilmekte olan bir olasılıktı, bazı sonnotlarda kısaca tartışıldığını göreceksiniz) ileri süren yeni fikirler hakkında bir bölüm eklemek, diğeriyse sicim kuramının daha kesin bir formülasyonunu arayan dâhiyane yeni çalışmalar hakkında bir tartışma eklemek olurdu. Bu nedenle 6., 8. ve 12. bölümleri okurken sicimler ve ek boyutların benim tanımladığım kadar küçük olmayabileceğini, sicim kuramının kesin formüllerinin bulunması konusunda ciddi ilerlemeler kaydedildiğini aklınızda tutun. (Gerçi fizikçiler bu bölümlerde gündeme getirilen kilit meselelerin çözümüne bu denklemleri uygulamayı henüz başaramamıştır.)

Metnin büyük bir güncelleme gerektirmemesinin olumsuz yönü, açıklanmış birçok engelin henüz aşılmamış olmasında yatar. Doğrusunu söylemek gerekirse hepimiz ilerlemenin hızlı ve öfkeli olmasını istesek de o kendi seyrinde ilerler. Süpersicim kuramı ku-

ramsal fizik alanındaki en temel problemlerle uğraşıyor, bunların birçoğu deneylerin kılavuzluk edebileceği alanın ötesinde yatıyor. Başarının getirisi muazzam olurdu, çünkü kozmos hakkındaki en derin soruların bazıları pekâlâ cevaplanabilirdi. Ama ilerlemek çok çalışmayı, sabırlı olmayı, şans ve önemli miktarda esin gerektiriyor; başarı için zaman çizelgeleri kontrolümüzün ya da tahminlerimizin ötesinde yatan bileşenleri tam da.

Peşinde olduğumuz kavrayış düzeyine belki kendi kuşağımız sırasında ulaşacağız, belki de ulaşmayacağız. Belki o düzeye ulaşmak birçok kuşak gerektirecek. Kesin olarak söyleyebileceğimiz tek şey, denemeden bilemeyeceğimiz. Alana giren hiç olmadığı kadar yetenekli lisansüstü öğrencilere bakılırsa meşaleyi almaya, yolda ilerlemeye istekli birçok coşkulu araştırmacımız olacak. Kozmosun sırlarını gelecek yıllarda da aydınlatmaya çalışacağız, canla başla çalışacağız.

Brian Greene, 2003

BİRİNCİ BASKIYA ÖNSÖZ

Albert Einstein hayatının son otuz yılı boyunca, birleşik alan kuramı denilen bir kuramı –doğadaki kuvvetleri bir tek çerçeve içinde tanımlayabilen, her şeyi kapsayan tutarlı bir kuramı– dur durak bilmeden arayıp durdu. Einstein'ı harekete geçiren nedenler, genellikle bilimsel çalışmalarla ilişkilendirdiğimiz şeyler, örneğin şu ya da bu deneysel veriyi açıklama çabası değildi. Tutkuyla sarıldığı bir inançtı onu harekete geçiren; evreni derinden anlamanın, onun en hakiki mucizesini, dayandığı ilkelerin basitliği ve kuvvetini ortaya koyacağı inancıydı. Einstein evrenin işleyişini, onun güzelliği ve zarafeti karşısında hepimizi hayret ve huşu içinde bırakacak önceden erişilmemiş bir açıklıkla resmetmeyi istiyordu.

Bu hayalini hiç gerçekleştiremedi, bunun sebebiyse büyük ölçüde elindeki kartların iyi olmamasıydı: Onun zamanında maddenin ve doğadaki kuvvetlerin temel niteliklerinin birkaçı ya bilinmiyordu ya da en iyi ihtimalle pek iyi anlaşılmamıştı. Ama geride kalan yarım asır içinde yeni kuşaktan fizikçiler –düşe kalka çıkmaz sokaklara dalıp çıkarak– evrenin nasıl işlediğine dair daha eksiksiz bir kavrayış oluşturmak için kendilerinden önce gelenlerin keşifleri üzerine çalışıp parçaları birleştirmeyi sürdürdü. Bugün, Einstein'ın birleşik bir kuram arayışında olduğunu açıklamasından ve bunda başarılı olamamasından uzun zaman sonra, fizikçiler sonunda bu keşifleri, derin görüşleri eklenti yerleri belli olmayan bir bütün haline getirme-

lerini sağlayacak bir çerçeve, prensipte bütün fiziksel olguları betimleyebilecek tek bir kuram bulduklarına inanıyor. Bu kitabın konusu da işte bu kuram, *süpersicim kuramı.*

Evrenin Zarafeti'ni, fizik alanında ön cephelerdeki araştırmalardan doğan bu dikkat çekici görüşleri, geniş bir okur kesimi, özellikle de hiç matematik ve fizik eğitimi görmemiş okurlar için erişilebilir kılma çabasıyla kaleme aldım. Geçen birkaç yıl içinde süpersicim kuramı hakkında verdiğim konferanslarda, geniş kesimlerin, halihazırda sürmekte olan araştırmaların evrenin temel yasaları hakkında neler dediğini, bu yasaların kozmosu kavrayışımızda nasıl devasa bir yeniden yapılanma gerektirdiğini, devam etmekte olan nihai kuram arayışını ne gibi zorlukların beklediğini anlama arzusuyla yanıp tutuştuğuna tanık oldum. Umuyorum ki bu kitap, Einstein ve Heisenberg'den bu yana fizik alanındaki büyük başarıları açıklayarak, onların keşiflerinin çağımızın atılımlarında nasıl muhteşem çiçekler açtığını göstererek bu merakı hem zenginleştirir hem doyurur.

Evrenin Zarafeti'nin bilimsel bir birikimi olan okurların da ilgisini çekeceğini umuyorum. Umarım bu kitap bilim öğrencileri ve öğretmenleri için özel görelilik, genel görelilik ve kuantum mekaniği gibi modern fiziğin bazı temel yapıtaşlarını berraklaştırır, araştırmacıların uzun zamandır aranan birleşik alan kuramına yaklaşırken duyduğu bulaşıcı heyecanı onlara da geçirir. Meraklı popüler bilim okurları için kozmosu anlayışımıza taze kan sağlayan, son on yıl içinde gün ışığına çıkan ilerlemelerin birçoğunu açıklamaya çalıştım. Başka bilimsel disiplinlerde çalışan meslektaşlarım içinse bu kitabın, sicim kuramcılarının nihai bir doğa kuramı arayışında kaydedilen ilerlemelerden neden bu kadar heyecan duyduğuna ilişkin dürüst ve dengeli bir açıklama sunacağını umuyorum.

Süpersicim kuramı geniş bir ağ atar. Bu kuram fizikteki başlıca keşiflerin birçoğundan yararlanan geniş ve derin bir konudur. Süpersicim kuramı, büyük olanla ilgili yasalarla, küçük olanla ilgili yasaları, kozmosun en ücra köşelerinden maddenin en küçük parçasına dek fiziği yöneten yasaları birleştirdiği için konuya yaklaşmanın birçok yolu vardır. Ben uzay ve zaman kavrayışımızdaki gelişmelere

odaklanmayı tercih ettim. Bunun özellikle insanı saran bir gelişme çizgisi olduğunu gördüm, temel önemdeki yeni görüşlerin içinden geçen zengin ve büyüleyici bir yol. Einstein dünyaya uzay ve zamanın hiç aşina olmadığımız, hayret verici biçimlerde davrandığını göstermişti. Bugün son araştırmalar bu keşifleri birleştirerek kozmosun dokusunda kıvrılmış birçok gizli boyuta sahip bir kuantum evreni ortaya çıkarmıştır; bunlar öyle boyutlardır ki bir sarmaşıktan farkı olmayan geometrileri bugüne dek sorulmuş en temel soruları cevaplayacak anahtarı sunabilir. Bu kavramların bazıları çok ince olsa da gerçekçi benzetmelerle kavranabileceklerini göreceğiz. Bu fikirleri anlamak, evrenle ilgili şaşırtıcı ve devrimci bir bakış açısı sunar.

Kitap boyunca, okura biliminsanlarının bugünkü kozmos kavrayışına nasıl ulaştığı hakkında –genellikle benzetmeler ve metaforlar yoluyla– sezgisel bir anlayış kazandırmaya çalışırken bilime yakın durmaya çalıştım. Ama teknik dilden ve denklemlerden kaçındım, çünkü konuyla ilgili yeni kavramlar nedeniyle, okurun, fikirlerin gelişimini tam olarak izleyebilmek için zaman zaman durması, bir yerde bir bölüm üzerine düşünmesi, başka bir yerde bir açıklamayı tartması gerekebilir. Son gelişmeleri konu alan dördüncü kısımdaki bazı bölümler kitabın geri kalan kısmına göre biraz daha soyuttur; okuru bu bölümler hakkında önceden uyarmaya, bu bölümleri atlayarak okumanın kitabın mantıksal akışını en az etkileyeceği şekilde metni yapılandırmaya özen gösterdim.

Ana metinde ortaya atılan fikirlerle ilgili kolay ve erişilebilir bir hatırlatma olması amacıyla bir bilimsel terimler sözlüğüne de yer verdim. Fazla ilgi duymayan okur notları tümüyle atlamak isteyebilir, meraklı okursa notlarda metinde geçen konulara dair ayrıntılı açıklamalar bulacak, metinde basitleştirilerek ortaya konan fikirlerin açıklamalarıyla karşılaşacaktır, matematik eğitimi almış okurlar da birkaç teknik gezintiye çıkacaklardır.

Kitabın yazımı sırasında yardımlarını gördüğüm birçok kişiye teşekkür borçluyum. David Steinhardt, kitabın taslaklarını büyük bir dikkatle okuyup editöryal açıdan keskin bazı görüşlerini benimle cömertçe paylaştı, değer biçilemez bir teşvikte bulundu. David Mor-

rison, Ken Vineberg, Raphael Kasper, Nicholas Boles, Steven Carlip, Arthur Greenspoon, David Mermin, Michael Popowits ve Shani Offen kitabın taslağını yakından inceleyip tepkilerini ve tavsiyelerini ayrıntılı bir biçimde ortaya koyarak sunumun güçlenmesine büyük bir katkıda bulundular.

Metni tamamen ya da kısmen okuyup tavsiyelerde bulunarak beni teşvik edenler arasında Paul Aspinwall, Persis Drell, Michael Duff, Kurt Gottfried, Joshua Greene, Teddy Jefferson, Marc Kamionkowski, Yakov Kanter, Andras Kovacs, David Lee, Megan McEwen, Nari Mistry, Hasan Padamsee, Ronen Plesser, Massimo Poratti, Fred Sherry, Lars Straeter, Steven Strogatz, Andrew Strominger, Henry Tye, Cumrun Vafa ve Gabriele Veneziano da yer alıyor. Raphael Gunner'a başka birçok şeyin yanı sıra, yazımın erken bir aşamasında getirdiği, kitabın genel biçiminin belirmesini sağlayan derin eleştirilerinden, Robert Malley'ye de kitap hakkında düşünmenin ötesine geçip kâğıda dökmem konusundaki nazik, fakat ısrarlı teşvikinden ötürü teşekkür ederim. Steven Weinberg ve Sidney Coleman değerli tavsiyelerde bulunup yardımlarını sundular, Carol Archer, Vicky Carstens, David Cassel, Anne Coyle, Michael Duncan, Jane Forman, Wendy Greene, Susan Greene, Erik Jendresen, Gary Kass, Shiva Kumar, Robert Mawhinney, Pam Morehouse, Pierre Ramond, Amanda Salles ve Eero Simoncelli'yle de yararlı birçok fikir alışverişinde bulunmuş olduğumu teslim etmek benim için bir zevk. Olguların kontrol edilmesi ve referansların bulunmasındaki yardımlarından, yaptığım ilk karalamaları çizim haline getirmesinden dolayı Costas Efthimiou'ya teşekkür borçluyum. Tom Rockwell, onun çizimlerinden yararlanarak –bir azizin sabrı ve hünerli bir sanatçının gözüyle– metni süsleyen şekilleri yarattı. Andrew Hanson ve Jim Sethna'ya da özel bazı şekillerin hazırlanmasındaki yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Kitaptaki çeşitli konularda benimle söyleşi yapıp kişisel görüşlerini aktarmayı kabul eden Howard Georgi, Sheldon Glashow, Michael Green, John Schwarz, John Wheeler, Edward Witten ve yine Andrew Strominger, Cumrun Vafa, Gabriele Veneziano'ya da teşekkürlerimi sunarım.

Kuramsal fizik alanındaki araştırmalarımı on beş yılı aşkın bir süredir cömertçe destekledikleri için Ulusal Bilim Vakfı'na, Alfred P. Sloan Vakfı'na ve ABD Enerji Bakanlığı'na müteşekkirim. Araştırmalarımın süpersicim kuramının uzay ve zaman kavrayışımızdaki etkisini konu alması belki de şaşırtıcı değil, sonraki birkaç bölümde benim de dahil olma şansına eriştiğim bazı keşifleri anlattım. Okurun bu "içeri"den değerlendirmeleri okumaktan keyif almasını umuyor olsam da bu değerlendirmelerin süpersicim kuramının geliştirilmesinde oynadığım role dair abartılı bir izlenim verebileceklerini de fark ediyorum. İzninizle bu fırsattan yararlanayım ve nihai bir evren kuramı oluşturma çabasının ciddi ve kararlı bir katılımcısı olmuş, dünyanın dört bir yanındaki bini aşkın fizikçiye de teşekkür edeyim. Bu değerlendirmede çalışmalarından bahsedilmeyen herkesten özür diliyorum; bu durum yalnızca seçmiş olduğum tematik bakış açısını ve genel bir sunumun beraberinde getirdiği uzunluk kısıtlamalarını yansıtıyor.

Son olarak sarsılmaz sevgisi ve desteği için Ellen Archer'a gönülden teşekkür ediyorum. O olmasaydı bu kitap yazılamazdı.

BİRİNCİ KISIM

BİLGİNİN SINIRI

1

SİCİMLE BAĞLI

Örtbas edildi demek fazlasıyla ağır kaçardı. Gelgelelim fizikçiler, yarım yüzyılı aşkın bir süredir –tarihteki en büyük bilimsel başarılardan bazılarının tam ortasındayken bile– ufukta, uzaklarda kara bir bulutun toplandığını içten içe biliyordu. Problem şudur: Modern fiziğin dayandığı iki temel direk vardır. Biri, Albert Einstein'ın genel görelilik kuramıdır; genel görelilik evreni en geniş ölçeklerde –yıldızları, galaksileri, galaksi kümelerini ve evrenin muazzam genişliğinin ötesini– anlamaya yönelik kuramsal bir çerçeve sunar. Diğeriyse evreni en küçük ölçeklerde, moleküller, atomlar, sonra daha derinlere inip elektronlar ve kuarklar gibi atomaltı parçacıklar düzeyinde kavramaya yönelik kuramsal bir çerçeve sunan kuantum mekaniğidir. Fizikçiler yıllar süren araştırmalar sonucu, her iki kuramın da hemen hemen bütün öngörülerini neredeyse akıl almaz bir doğrulukla deneysel olarak doğrulamıştır. Ne var ki bu kuramsal araçlar, bu sefer rahatsız edici başka bir sonuca kaçınılmaz olarak yol açmıştır: Halihazırda formüle edildikleri biçimiyle genel görelilik ile kuantum mekaniği *aynı anda doğru olamaz*. Geçen yüzyıl içinde fizikte kaydedilen muazzam ilerlemenin –göklerin genişlemesini ve

maddenin temel yapısını açıklamış olan ilerlemenin– temelinde yatan bu iki kuram birbiriyle uyumlu değildir.

Bu korkunç karşıtlığı önceden işitmediyseniz söz konusu uyumsuzluğun nedenini merak ediyor olabilirsiniz. Cevabını bulmak pek de zor değil. Fizikçiler en uç durumlar hariç her koşulda, ya (atomlar ve bileşenleri gibi) küçük ve hafif ya da (yıldızlar ve galaksiler gibi) büyük ve ağır şeyler üzerinde çalışır, aynı anda her ikisi üzerinde çalışmaz. Bu da ya sadece kuantum mekaniğini ya da sadece genel göreliliği kullanmaları gerektiği, diğerinin uyarı çığlıklarına şöyle kaçamak bir göz atıp omuz silkebildikleri anlamına geliyor. Elli yıldır, bu yaklaşım cehalet kadar mutluluk getirmedi ama ona epey yaklaştı.

Ne var ki evren uçlarda *olabilir*. Bir kara deliğin merkezindeki derinliklerde, muazzam bir kütle parçalanıp çok çok küçük boyutlara iner. Büyük Patlama sırasında evrenin tamamı mikroskobik boyutlarda bir kütleden doğmuştu, o kadar küçük bir kütleydi ki bir kum taneciği onun yanında dev gibi kalırdı. Bunlar küçücük ama inanılmaz derecede kütleli alanlardır, bu nedenle hem genel göreliliğin hem kuantum mekaniğinin eşzamanlı devreye girmesini gerektirirler. İlerledikçe giderek açıklık kazanacak sebeplerden ötürü, genel görelilik ile kuantum mekaniği denklemleri birleştiklerinde, su kaynatmış bir otomobil gibi sarsılır, takırdar, buharlar çıkarır. Bu kadar süslemeden söyleyecek olursak, iyi kurgulanmış fizik soruları, bu iki kuramın mutsuz birleşmesinden saçma cevaplar çıkmasına neden olur. Kara deliklerin derinliklerini ve evrenin başlangıcını bir gizem perdesinin ardında tutmak istiyor olsanız da kuantum mekaniği ile genel görelilik arasındaki karşıtlığın daha derin bir anlayış beklediğini hissetmekten kendinizi alamazsınız. Evren gerçekten de en temel düzeyinde bölünmüş; şeyler büyük olduğunda belli bir yasalar dizisini, küçük olduğundaysa farklı, uyumsuz bir diziyi gerektiriyor olabilir mi?

Kuantum mekaniği ile genel göreliliğin saygıdeğer yapılarıyla kıyaslandığında genç bir yapı olarak karşımıza çıkan süpersicim kuramı, yankılanan bir hayırla cevap veriyor bu soruya. Tüm dünyada fizikçiler ile matematikçilerin son on yıl içinde yaptığı yoğun araştırmalar, maddeyi en temel düzeyde betimleyen bu yeni yaklaşımın ge-

nel görelilik ile kuantum mekaniği arasındaki gerilimi çözdüğünü ortaya koyuyor. Aslına bakarsanız süpersicim kuramı daha da fazlasını gösteriyor. Bu yeni çerçevede, kuramın anlamlı olabilmesi için genel görelilik ile kuantum mekaniği *birbirine gerek duyuyor*. Süpersicim kuramına göre, büyük olanın yasalarıyla küçük olanın yasalarının evliliği yalnızca mutlu değil, aynı zamanda kaçınılmaz bir birlikteliktir.

Bu iyi haberin bir kısmı. Süpersicim kuramı –kısaca sicim kuramı– bu birlikteliği dev bir adım daha öteye taşıyor. Einstein otuz yıl boyunca, doğanın bütün kuvvetleri ile maddi bileşenlerini tek bir kuramsal dokumada birleştirecek birleşik bir fizik kuramı arayıp durdu. Bulmayı başaramadı. Bugün, yeni bin yılın şafağında, sicim kuramı savunucuları bu ele geçmez birleşik dokumanın ipliklerinin nihayet ortaya çıkarıldığını iddia ediyor. Sicim kuramı, evrendeki mucizevi olayların –atomaltı kuarkların çılgın dansından, birbirlerinin etrafında dönen çift yıldız sistemlerinin gösterişli valsine, Büyük Patlama'nın ilk ateş topundan göklerdeki galaksilerin muhteşem girdabına varıncaya dek– hepsinin, tek bir büyük fiziksel ilkenin, tek bir temel denklemin yansımaları olduğunu gösteriyor.

Sicim kuramının bu özellikleri uzay, zaman ve madde anlayışımızı ciddi biçimde değiştirmemizi gerektirdiğinden, bunlara alışmak, bunları rahatça sindirebilir hale gelmek biraz zaman alacak. Ne var ki, bağlamına yerleştirildiğinde açıklık kazanacağı üzere, sicim kuramı, fizik alanında son yüzyılda yapılmış devrimci keşiflerin ciddi ve doğal bir ürünü olarak beliriyor. Aslına bakarsanız genel görelilik ile kuantum mekaniği arasındaki çatışmanın da geçen yüzyılda karşı karşıya kalınan, çözümleri evren kavrayışımızda hayret verici değişiklikler yaratan temel çatışmalar dizisindeki ilk değil üçüncü çatışma olduğunu da göreceğiz.

Üç Çatışma

1800'lerin sonu gibi uzak bir tarihte gördüğümüz ilk çatışma, ışığın hareketinde görülen şaşırtıcı özelliklerle ilgiliydi. Kısaca şöyle açıklayabiliriz: Isaac Newton'ın hareket yasalarına göre, yeterince

hızlı koşarsanız hareket halindeki bir ışık demetine yetişebilirsiniz; oysa James Clerk Maxwell'in elektromanyetizma yasalarına göre yetişemezsiniz. 2. bölümde tartışacağımız üzere Einstein bu çatışmayı özel görelilik kuramıyla çözdü, bunu yaparken de uzay ve zaman anlayışımızı tümüyle altüst etti. Özel göreliliğe göre, uzay ve zamanı hiç değişmeyen, herkesin aynı şekilde deneyimlediği evrensel kavramlar olarak düşünmek artık mümkün değildir. Einstein'ın yeniden işlediği haliyle uzay ve zaman, biçimleri ve görünümleri insanın hareket haline bağlı olan şekillenebilir yapılar olarak karşımıza çıkar.

Özel göreliliğin geliştirilmesi, çok geçmeden ikinci çatışmaya zemin hazırladı. Einstein'ın çalışmasından çıkan sonuçlardan biri şuydu: Hiçbir nesne –aslına bakarsanız hiçbir etki ya da düzensizlik– ışık hızından daha hızlı yol alamaz. Ne var ki 3. bölümde tartışacağımız üzere, Newton'ın deneysel olarak başarılı olmuş ve sezgisel olarak hoşa giden evrensel kütleçekim kuramı [*universal theory of gravitation*], etkilerin uzayda geniş mesafelerde *ânında* aktarılmasını gerektiriyordu. Einstein, 1915'te genel görelilik kuramıyla yeni bir kütleçekim kavrayışı sunarak devreye girip çatışmayı bir kez daha çözen kişi oldu. Özel göreliliğin daha önceki uzay ve zaman kavrayışlarını altüst etmesinde olduğu gibi, bu kez de genel görelilik, önceki uzay ve zaman kavrayışını altüst etti. Uzay ve zaman, hareketlilik durumundan etkilenmekle kalmıyordu, madde ya da enerjinin varlığına bağlı olarak bükülebiliyor ve eğrilebiliyordu. Birazdan göreceğimiz üzere, uzay ve zamanın dokusundaki bu tür çarpılmalar kütleçekim kuvvetini bir yerden diğerine aktarıyordu. Dolayısıyla uzay ve zaman, üzerinde evrendeki olayların gerçekleştiği hareketsiz bir zemin olarak düşünülemezdi artık; aksine özel ve sonra da genel görelilik kuramlarıyla birlikte olayların içindeki oyuncular haline gelmişlerdi.

Sahne bir kez daha baştan alındı: Genel göreliliğin keşfi bir çatışmayı çözerken bir diğerine yol açtı. 1900'den beri otuz yıldır, fizikçiler, 19. yüzyılın fizik kavrayışları mikroskobik dünyaya uygulandığında ortaya çıkan birtakım belirgin sorunlara cevaben kuantum mekaniğini (4. bölümde tartışacağız) geliştirmekteydi. Yukarıda da belirttiğimiz üzere, üçüncü ve en derin çatışma, kuantum mekaniğiyle genel görelilik arasındaki uyumsuzluktan doğdu. 5. bölümde

göreceğimiz üzere, genel göreliliğin ortaya koyduğu uzayın yumuşak kıvrımlı geometrik biçimi, kuantum mekaniğinin anlattığı, evrenin çılgın, bulanık, mikroskobik davranış biçimiyle sürekli bir uyumsuzluk içindedir. Sicim kuramının bir çözüm önerdiği 1980'lerin ortalarına dek, bu çatışma haklı olarak modern fiziğin ana sorunu olarak nitelenmiştir. Dahası, özel ve genel göreliliğin üzerine kurulan sicim kuramı da uzay ve zaman kavrayışlarımızın ciddi biçimde yenilenmesini gerektirmiştir. Örneğin birçoğumuz evrenimizin üç uzamsal boyutu olduğunu kabul ederiz. Ama sicim kuramına göre durum böyle değildir; sicim kuramı evrenimizin gözle görülenden daha fazla boyuta –kozmosun katlanmış dokusu içinde sıkıca kıvrılmış boyutlara– sahip olduğunu öne sürer. Uzay ve zamanın niteliğiyle ilgili bu dikkat çekici görüşler o kadar merkezî bir önem taşır ki bundan sonra söyleyeceğimiz her şeyde bunları kılavuz tema olarak kullanacağız. Sicim kuramı, gerçekten de Einstein'dan bu yana uzay ve zamanın hikâyesidir.

Sicim kuramının aslında ne olduğunu takdir edebilmek için, bir adım geri atıp geçen yüzyılda evrenin mikroskobik yapısı hakkında ne öğrenmiş olduğumuzu kısaca betimlememiz gerekiyor.

En Küçük Haliyle Evren: Madde Hakkında Bildiklerimiz

Eski Yunanlar, evrendeki her şeyin *atom* dedikleri, küçük, "bölünemez" bileşenlerden oluştuğunu varsaymışlardı. Alfabe kullanılan bir dilde, az sayıda harfle yapılan zengin kombinasyonlarla muazzam sayıda sözcük kurulması gibi, çok geniş bir yelpazeye yayılmış maddi nesnelerin de az sayıdaki farklı temel yapıtaşlarının oluşturduğu kombinasyonlar olabileceği tahmininde bulunmuşlardı. İleriyi gören bir tahmindi bu. En temel birimlerin kimliği birçok kez değiştirilmiş olsa da iki bin yıl sonra hâlâ bu tahminin doğru olduğuna inanıyoruz. 19. yüzyılda biliminsanları oksijen ve karbon gibi tanıdık maddelerin birçoğunun tanınabilir, en küçük bir bileşeni olduğunu gösterdi; Yunanların geleneğine uyarak bu bileşene *atom* dediler. İsim tuttu, ama tarih bunun yanlış bir isimlendirme olduğunu gös

Can Yayınları
Bu tanıtım kopyası
Can okurları için
özel olarak hazırlandı.
Can Yayınları

Bugün dünyanın her yerinde matematikçiler ve fizikçiler en iddialı fizik kuramlarından biri olan süpersicim kuramı üzerine hararetle çalışıyor. Sicim kuramı Einstein'ın 30 yıl boyunca üzerinde çalıştığı birleşik alan kuramına giden yolda önemli bir adım. Ve sonunda, genel görelilik ve kuantum mekaniği arasındaki gerilim çözülmek üzere: Sicim kuramı, atomaltı parçacıkların çılgınca dansından göksel galaksilerin görkemli girdabına kadar evrendeki tüm harika olayların, tek bir büyük fiziksel ilkenin yansımaları olduğunu ilan ediyor.

Dünyanın önde gelen sicim kuramcılarından Brian Greene, ustalıkla ve anlaşılır bir dille kaleme aldığı *Evrenin Zarafeti*'nde 20. yüzyıl fiziğinin "her şeyin kuramı" arayışının ardındaki bilimsel hikâyeyi ve insani çabayı anlatıyor, kuantum mekaniğinden genel göreliliğe kadar pek çok kavram üzerinden sicim kuramını çevreleyen gizem perdesini aralıyor.

Greene'in uzman bilimsel kavrayışı ile edebî yaratıcılığının benzersiz bir karışımı olan *Evrenin Zarafeti*, bizi muhteşem evrenimizin nasıl çalıştığını anlamaya daha da yaklaştıran heyecan verici bir okuma şöleni.

Fizik

Tellekt

www.tellekt.com

ISBN 978-625-7118-71-2

9 786257 118712