

Hawking-Penrose Tartışıyor

Uzay ve Zamanın Doğası

Stephen W. Hawking ve Roger Penrose, 1994 yılında, Cambridge Üniversitesi, Isaac Newton Matematiksel Bilimler Enstitüsü'nde genel görelilik konusunda bir dizi halka açık konferans vermişti. Bu yıl, Princeton Üniversitesi, bu konferansta dile getirilen görüşleri bir kitap halinde bir araya getirerek, "Uzay ve Zamanın Doğası" adıyla yayımladı. İki bilim adamı, aynı fizik mirasını paylaşıyor oldukları halde -ki Penrose Cambridge'de Hawking'in doktora tezi jürisinde yer alıyordu- kuantum mekaniğine bakışları ve bunun evrenin evrimi üzerindeki etkileri hakkındaki görüşleri farklılık sergiliyor. Özeldense, karadeliklerin içerdiği bilginin başına ne geldiği ve evrenin başlangıcının neden sonundan farklı olduğu hakkındaki fikirleri çelişiyor.

Hawking'in en önemli keşiflerinden biri, 1973'te, kuantum etkisinin karadeliklerin parçacık ışmasına yol açtığını ortaya koymuştu. Bu süreç sırasında karadeliklerin eriyerek yitmesi, başlangıçtaki kütleden geriye belki de hiçbir şey kalmaması gerekiyor. Karadelikler, oluşumları sırasında, içlerine düşen parçacıkların türleri, özellikleri ve şekillenimleri gibi parametrelerle ifade edilebilecek bilgiyi yutuyorlar. Kuantum teorisi bu bilginin korunumunu öngördüğü halde, bilginin başına gelenler hakkında süregiden tartışma varlığını koruyor. Hawking ve Penrose da karadeliklerin ışması sırasında içerilen bilginin ortadan kaybolduğuna inanıyor. Hawking bu kaybın geri dönüşsüz olduğunda ısrar ederken Penrose kaybın bilgiyi sisteme geri kazandıran ardışık kuantum hal öl-

cümleriyle dengelendiğini savunuyor.

İki bilim adamı, bu sürecin doğasının açıklanabilmesi için gelecekte yeni bir kuantum kütle çekim kuramına gereksinim duyulacağı konusunda hemfikir. Yine de iş bu kuramın ayrıntılarını tartışmaya geldiğinde yolları ayrılıyor. Penrose, parçacık fiziklerinin temel kuvvetlerinin zamana göre simetrik olduğunu, zaman tersine dönse de bir şeyin değişmeyeceğini, bununla birlikte kuantum kütle çekiminin zaman simetrisine aykırı olduğunu düşünüyor. Zaman asimetrisi, evrenin başlangıçta nasıl olup da, büyük patlamadan arta kalan geri plan mikrodalga ışmasının kanıt oluşturduğu gibi, düzenli olduğunu, buna karşın evrenin sonunun karmaşık olması gerektiğini bu biçimde açıklayabiliyor.

Penrose, bu "zaman asimetrisini" kendi "Weyl eğriliği" varsayımının kapsamına eklemeye çalışıyor. Uzay-zaman, Einstein'ın keşfettiği gibi, maddenin varlığıyla eğriliyor. Uzay-zaman ayrıca Weyl eğriliği tarafından belirlenen bir nicelikte "içsel eğriliğe" de sahip olabilir. Söz gelimi kütle çekim dalgaları ve karadelikler, uzay-zamanın boş bölgelerde bile eğilmesine yol açabilir. Evrenin başlangıcında, Weyl eğriliğinin derecesi büyük olasılıkla sıfırdı; ancak Penrose'a göre, evrenin sonunda, karadeliklerin yoğunluğu eğriliğin büyümesine yol açacaktır. Bu özellik de, evrenin sonuyla başlangıcı birbirinden ayırıyor. Hawking de başlangıçtaki büyük patlamayla sondaki büyük çöküşü birbirinden farklı tanımlıyorsa da, bunu, doğanın yasalarını zaman asimetrisiyle

bağdaştırarak gerçekleştiriyor. Ona göre, farklılığın gerçek nedeni, evrenin evriminin programlanış biçimiyle ilintili. Hawking, "demokratik" bir yaklaşımla evrendeki hiçbir noktanın diğerlerinden farklı olmadığını, dolayısıyla, evrenin bir sınırı olamayacağını öne sürüyor. Hawking'e göre, bu "sınırsızlık varsayımı" geri plandaki mikrodalga ışımının düzenliliğini de açıklıyor. İki fizikçi, kuantum mekaniğini yorumlayış biçimleriyle bütünlüyle farklı tavır sergiliyor. Hawking'e göre, bir kuramdan beklenebilecek tek şey verilerle uyumlu varsayımlar içermesi. Penrose, varsayımlarla deneysel verileri karşılaştırarak gerçeklere varılamayacağına inanıyor. Kuantum kuramının anlamsızlığına yol açabilecek bir kavram olan, dalga fonksiyonlarının "süperpoze" edilebilirliğini gerektirdiğine işaret ediyor. Bu bilim adamları, böylelikle, kuantum kuramının açıklamaları konusunda Einstein ve Niels Bohr arasında başlatılan tartışmaları sürdürmüş oluyorlar.

Stephen Hawking: "Karadelikler Üzerine"

Karadeliklerin kuantum kuramı, kuantum mekaniğinin ortaya koyduğu bilinen belirsizlik ilkesinin çok ötesinde bir düzeyde belirsizliklere yol açıyor gibi görünüyor. Bu, karadeliklerin içsel entropiye sahip gibi görünüyor oluşları ve evrenin bize ait tarafından bilgi aşırıyor oluşlarından kaynaklanan bir durum. Bu yargıların tartışmalı olduğunu belirtmeliyim: Kuantum kütle çekimi üzerinde çalışan-

lar, özellikle de parçacık fiziğinden gelenlerin hemen tümü, bir sistemin kuantum durumuna ait bilginin asla ortadan kaybolamayacağını savunacaktır. Bununla birlikte, bilginin bir karadelikten nasıl çıkabileceğini gösterme konusunda pek başarılı olamamışlardır. Eninde sonunda bilginin kayboluşuna dair fikirlerimi kabul edeceklerdir. Aynen, tüm önyargılarına ters düştüğü halde, karadeliklerin ışıldığını kabul etmek zorunda kaldıkları gibi.

Kütle çekim kuvvetinin "çekici" olduğu gerçeği, bu kuvvetin, evrendeki maddenin tümünü yıldızlar ve galaksiler gibi cisimler oluşturacak biçimde bir araya getireceğini ifade ediyor. Bu cisimler, yıldızlar ele alındığında ısı basınçlar, galaksiler ele alındığında ise, dönme ve içsel hareketler nedeniyle kendilerini bir süre daha fazla çökmeye karşı koruyabilirler. Yine de, bir noktadan sonra ısı ve açısal momentum ortadan kalkacak ve cisim çökmeye başlayacaktır. Eğer cismin kütlesi Güneş'inin birbuçuk katından azsa, çöküş elektron ve nötronların dejenere basıncı tarafından durdurulabilir. Cisim bir süre sonra, önce bir beyaz cüceye ve daha sonra bir nötron yıldızına dönüşecektir. Ancak cismin kütlesi bu sınırları aşıyorsa, hiçbir neden daha da çökmesini önleyemeyecektir. Belli bir kritik boyuta kadar çöktüğünde, yüzeyindeki kütle çekim alanı o kadar artacaktır ki, ışık konisi ters-yüz olacaktır. Dışa yönelen ışık ışınları bile birbirine doğru yönelip kapalı bir kapan biçiminde yüzey oluşumuna yolaçacaktır. Dolayısıyla, uzay-zamanda, sonsuzluğa kaçışın olası olmadığı bir yer olmalıdır. Bu bölgeye karadeliğin sınırı, sonsuzluğa kaçamayan ışık ışınlarının oluşturduğu ışık-sal yüzeydir ki buna "olay ufkunu" deniyor.

Bir cisim çökerek karadeliğin oluşumuna yol açtığında büyük miktarda bilgi yitiriliyor. Cismin çöküşü çok sayıda parametreye ifade ediliyor. Madde türleri ve kütle dağılımının multipol momentleri bunların arasındadır. Ancak, oluşan karadelikğin nitelikleri, monopoll moment ve dipoll moment hariç, diğer multipoll momentlerinden ve madde türünden bağımsızdır.

Bu bilgi kaybı, klasik kuram için gerçekten önem taşıyor. Birisi çıkıp, yitirilen tüm bilginin hâlâ karadelikğin içinde olduğunu söyleyebilirdi. Karadelikğin dışındaki bir gözlemci bu durumda çöken cismin neye benzediği hakkında kolay kolay fikir yürütemez. Ancak, klasik kuramda bu yine de ilkeler bazında

olasıydı. Gözlemci hiçbir zaman aslen çöken cisme dair gözlem şansını yitirmeyecekti. Bunun yerine cisim yavaşlıyor ve olay ufkuna yaklaştıkça kararıyor gibi görünenecekti. Ancak yine de gözlemci, cismin neden yapılmış olduğunu ve kütle dağılımını hâlâ görebilecekti.

Ancak kuantum kuramı tüm bunları değiştirdi. Öncelikle, çöken cisim, olay ufkunu geçmeden önce kısıtlı sayıda foton bırakacaktır. Bunlar, çöken cisim hakkında bilgi içerme bakımından oldukça yetersizdir. Bu, kuantum teorisi açısından, dışarıdaki bir gözlemcinin, çöken bir cisimle ilgili ölçümler yapmasının hiçbir yolu olmadığını ifade eder. Kimileri, ölçülemez de bilgi hâlâ karadeliğin içinde olduğu için bu durumu önemsiz sayabilir. Ancak, bu noktada, kuantum kuramının karadeliklerle ilgili ikinci etkisi devreye giriyor.

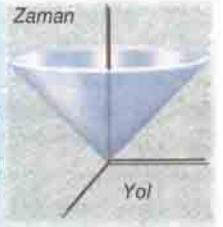
Kuantum kuramı, karadeliklerin ışırarak kütle kaybetmelerini öngörür. Görünüşe göre eninde sonunda bütünüyle yok olacak ve içerdikleri bilgiyi de alıp götüreceklerdir. Bu bilginin bütünüyle yok olduğu ve hiç bir formda geri dönmeyeceğini göstermeye çalışacağım. Ayrıca, bu bilgi kaybının kuantum kuramının bildik belirsizliklerinin ötesinde bir belirsizliğe yol açtığını göreceksiniz. Ne yazık ki bu ek belirsizlik düzeyi, Heisenberg'in belirsizlik ilkesinin aksine deneysel yoldan kolay gösterilemeyecek türdendir.

Roger Penrose: "Kuantum Kuramı ve Uzay-Zaman"

20. yüzyılın büyük fizik kuramları özel görelilik, genel görelilik ve kuantum alan kuramı olmuştur. Bu kuramlar birbirinden bağımsız değişimlerdir: genel görelilik, özel göreliliğin üstüne kurulmuştur; kuantum alan kuramı da özel görelilik ve kuantum kuramından yola çıkılarak ortaya konmuştur.

Kuantum alan kuramının, 10^{11} 'de birle, en duyarlı fizik kuramı olduğu söyleniyor. Bununla birlikte, genel göreliliğin şimdilerde berrak bir yaklaşımla 10^{14} 'te bir duyarlılığa sahip olduğunun ölçüldüğünü belirtmek istiyorum. (üstüne üstlük bu duyarlılık, dünyada bulunan saatlerin duyarlılığıyla sınırlanıyor sadece). İkisinden biri pulsar olan bir çift nötron yıldızından, Hulse-Taylor ikili pulsarı PSR 1913+16'dan bahsediyorum. Genel görelilik, bu yıldızların birbirleri çevresindeki dönlüşlerinin düzeyinin, kütle çe-

Işık Konileri
Uzay-zaman ilişkisini göstermek için, genelde fizikçiler zamanı dikey ve uzayı yatay ekseninde belirtilerek bir uzay zaman diyagramı çizerler. Bu diyagramda, uzayda herhangi bir noktadan yola çıkan ışık ışınları dik bir koninin yüzeyini oluşturur. Verilen bir zamanda hiç bir cisim ışığın ulaştığından daha uzak bir noktaya ulaşamayacağından herhangi bir sinyal, grafikteki koninin sınırlarının içinde yer almalıdır.



Pulsarlar
Enerjisi tükenerek çöken yıldızların bazıları yoğun nötronlardan oluşan dev cisimler olarak tanımlanabilecek nötron yıldızlarına dönüşürler. Hızlı dönen nötron yıldızlarına, eşit aralıklarla (milisaniye ile saniye periyotları arasında) elektromanyetik dalga sinyalleri saldıkları için pulsar adı veriliyor. Kimi zaman bir pulsar bir diğer nötron yıldızının yörüngesinde yer alır ve yıldız ikilisi oluştururlar.

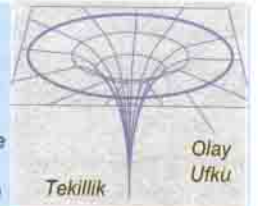
Tekillikler
Genel göreliliğe göre, bazı uç koşullarda, uzay-zaman sonsuz büyüklükte eğrilğe yol açar ve fiziğin normal kurallarının ortadan kalktığı tekillikler oluşur. Söz gelimi, karadelikler, olay ufkunun içinde gizli tekillikler içeriyor olmalı.

Multipol Momentleri
Bir cismin dinamiği multipoll momentleri vererek tanımlanabilir. Momentler, cismin kütlesi küçük hacim elemanlarına bölünüp, her elemanın kütlesi, merkeze olan uzaklığıyla sıfırncı, birinci, ikinci ... kuvvetleri çarpılıp, elde edilen değerler birbirine eklenerek hesaplanıyor. Söz gelimi, bir kürenin monopoll momentli varken, dipoll momente sahip bir halteri döndürmek daha kolaydır.

Dejenerelelik Basıncı
İki elektron veya iki nötron aynı kuantum durumunda bulunamaz. Dolayısıyla, belli sayıda özdeş tanecek küçük bir hacim içine hapsedilip sıkıştırıldığında, yüksek kuantum durumlarına yerleşenlerin enerjisi çok çok büyük olur. Bu nedenle sistem, bir dış basınca dejenerelelik basıncı adı verilen karşı bir basınç uygulayarak direnebilir.

Işıksal Yüzey
Uzayda ışığın üzerinde ilerlediği yüzey ışıksal yüzey olarak adlandırılır. Bir karadeliğin çevreleyen ve olay ufkunu denilen yüzey, kapalı bir küresel kabuk biçimindedir. Olay ufkundan içeri düşen hiçbir şey geri gelemez.

Tekillik
Olay Ufkunu



kim dalgaları yayınıyla yitirilen enerji yüzünden azalacağını söylüyor. Bu gerçekten de gözlemlendi. Bu süreç, gözlemin yapıldığı 20 yıllık dönemin verilerine göre, yukarıda sözü edilen duyarlılıkta genel görelilikle uyumlu sonuç vermiştir. Bu sistemin gözlemcileri haklı olarak çalışmalarından dolayı Nobel ödülüne layık bulunmuşlardır. Kuantum kuramcıları, kuramlarının duyarlılığına güvenerek genel göreliliğin buna uyması gerektiğini düşünüyordular. Ancak şimdi, rollerin değişmesi gerekiyormuş gibi görünüyor. Bu dört kuram oldukça başarılılarsa da, problemleri yok değil... Genel görelilik, uzay-zaman tekillikleri öngörüyor. Kuantum kuramında bir "ölçüm problemi" vardır; ki, bundan daha sonra söz edeceğim. Bu kuramların çoğunun sorunu, kendi başlarına yeterli olmayışlarında yatıyor. Söz gelimi, çoğu kişi genel görelilikteki tekilliklerin kuantum alan kuram sayesinde giderilebileceğini düşünüyor.

Bu bağlamda, karadeliklerdeki bilgi kaybının üzerinde durmak istiyorum. Stephen'in bu konuda söylemek istediği hemen her şeyde hemfikirim. Ancak, Stephen, bilgi kaybının yarattığı belirsizliği tüm belirsizliklerin ötesinde ayrı bir düzeye oturturken, ben bunun sadece "tamlayıcı" bir belirsizlik olduğu görüşünü taşıyorum. Karadelik eriyip giderken küçük bir bilgi parçasığının kaçıp kurtulması olası. Ancak, bu bilgi kazancı çöküşte yitirilenlerin yanında çok küçüktür. Kuramsal bir deneyde tüm sistemi dev bir kutuya kapatırsak, kutunun içindeki maddenin evrimini tartışabiliriz. Bu faz uzayı bölgesinin karadelige denk düşen kısmında fiziksel evrimin güzergâhları

yakınsayacak ve bu güzergâhların tanımladığı hacimleri küçülecektir. Bu, karadelikte tekilliklere kurban verilen bilginin bir sonucudur. Bu küçülme, faz uzayında hacimlerin sabit kalacağını öne süren ve Liouville teoremi adı verilen klasik mekanikle çelişki içindedir. Dolayısıyla, bir karadelik uzay-zamanı, bu korunum ilkesini çiğneyecektir. Bununla birlikte, benim yaklaşım biçiminde, bu faz uzayı hacim kaybı ardışık kuantum ölçümleriyle dengelenerek giderilebilir. İşte bu yüzden, karadeliklerdeki bilgi kaybını, kuantum belirsizliğine tamlayıcı nitelikte buluyorum: bunlar bir madalyonun iki yüzü gibidirler. Schrödinger'in kedisi denen kuramsal deneyini ele alalım. Bu, yarı geçirgen bir aynadan sekmeden geçen foton dalga fonksiyonunun tetiklediği bir tabanca tarafından öldürülen bir kediyi içeren kuramsal bir kutuyla ilgilidir. Dedektör fotonu algılayamazsa, kedi sağlığı yerinde bir biçimde yaşamını sürdürecektir. (Stephen'in kedilere kuramsal deneylerde bile kötü davranılmasından hoşlanmadığını biliyorum). Bu sistemin dalga fonksiyonu, bu iki olasılığın "süperpozisyonunu" içeriyor. Ancak algılarımız neden bize makro düzeyde bir süperpozisyon anlama izni vermiyor da, "kedi öldü" veya "kedi yaşıyor" gibi sonuçlardan birini seçmeye zorluyor?

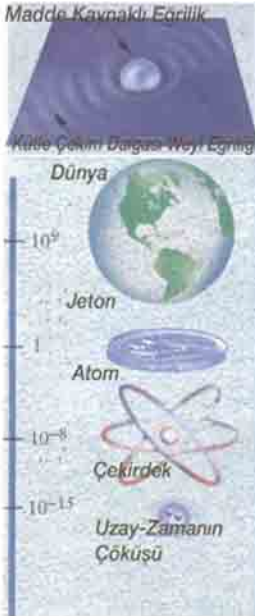
Işın içine genel görelilik katılmaya başladığında ortaya çıkan alternatif uzay-zaman geometriilerinin süperpozisyonuyla ilgili bir şeylerin yanlış gideceğini öne sürüyorum. Belki de iki farklı geometrinin süperpozisyonu kararsızdır ve iki ayrı alternatiften birine dönüşerek ortadan

kalkar. Bu geometriler canlı veya ölü bir kedinin uzay-zamanları olabilir. Bu, iki alternatiften birine indirgenme durumunu, kısaltması OR (ing. veya) biçiminde yazıldığı için nesnel indirgenme (ing. objective reduction) adıyla anmaktan hoşlanıyorum. Planck uzunluğu, 10^{-33} santimetrenin bununla ilişkisi nasıl kurulur? İki alternatif geometrinin birbirinden ne zaman farklı kabul edileceklerinin doğal ölçütünü Planck ölçekleri vermektedir ve bu ölçütler, iki farklı seçeneğe indirgenme sürecini belirler.

Hawking: "Kuantum Kozmolojisi Üzerine"

Bu konferansı Roger ve benim oldukça farklı yaklaşımlarımızın olduğu bir konuyla noktalamak istiyorum. Zamanın akış yönü. Evrenin bizim bulunduğumuz bölümünde zamanın ileri ve geri yönleri arasında açık bir ayırım var. Bir filmi tersine doğru izlemek bu ayırımın ciddiyetini görmek için yeterli. Gerçek yaşamda da işler bu şekilde yürüyebilseydi, masadan düşüp kırılan fincanlar zıplayıp bir araya gelebilirlerdi.

Fiziksel alanların uyduğu yerel yasalar zamana göre simetriklerdir; başka deyişle CPT'den (yük-parite-zaman tersinmesi) bağımsızdırlar. Dolayısıyla, geçmiş ve geleceğin gözlemsel farklılıkları, evrenin tanım kümesinin sınır değerleriyle ilişkili olmalı. Evrenin belli sınırlar olduğunu ve maksimum değere kadar genişleyip daha sonra çöktüğünü varsayalım. Roger'ın da açıkladığı gibi, evren bu sürecin iki ucunda oldukça farklı durumlar



Weyl Tensörü
Uzay-zamanın eğriliği iki bilene sahiptir. Birincisi, uzay-zamanda maddenin varlığından, diğeri Alman matematikçi Hermann Weyl tarafından ortaya konduğu gibi maddenin yokluğunda bile ortaya çıkabilir. Bu eğimi açıklayan niceliğe Weyl tensörü deniyor.

CPT Bağımsızlığı
C: Yük eşlenikleme, P: Parite, T: Zaman tersinmesi. Bu yetkin yasa, parçacıkların açıklanmasıyla ilgili kuramların, C,P,T değerleri hep birlikte değiştiğinde de geçerliliklerini korumaları gerektiğini ifade eder. Söz gelimi, zamanda ileri giden, saat yönünde spine sahip, eksi yüklü bir elektron, zamanda geri giden, saatin ters yönünde spine sahip, artı yüklü bir pozitronla özdeşdir.

Planck Ölçeği
Planck ölçeği, genel görelilik ve kuantum mekaniğinin aynı anda geçerli olması beklenen, ancak erişilemeyecek kadar küçük bir uzunluklar ve zaman aralıklarıdır. Planck mesafesi ya da Planck zamanı denen bu ölçeklerin rakamsal değeri ışık hızı, evrensel çekim sabiti ve Planck Sabiti uygun şekilde bir araya getirilerek hesaplanır. Planck ölçeği kullandığımız zaman, uzay, madde kavramlarının geçerliliklerini yitirecekleri ve henüz bilinmeyen bir kuantum kitle çekiminin geçerli olacağı şartları belirler.

Faz Uzayı
Bir faz uzayı şeması, her parçacığın uzaklık ve momentum değerlerine koordinat eksenleri atandığında oluşan çok boyutlu matematiksel bir hacimdir. Böylece, bir grup parçacığın hareketi, faz uzayında hareket eden bir hacimle ifade edilebilir.

Schrödinger'in Kedisi
Penrose aslen Einstein tarafından icat edilmiş ve Erwin Schrödinger tarafından dalga fonksiyonlarının yarattığı kuramsal düğümleri üzerinde çalışırken kullanılmış hayali bir deneyden yararlanıyor. Bir ölçümden önce sistemin kuantum durumları veya dalgalarının "süperpozisyonunda" olduğu varsayılır ve söz gelimi momentumun değeri belirsiz kabul edilir. Bir ölçüm yapıldığında ise nicelik biliniyor duruma gelir ve sistem sonuca göre durum alır. Başlangıçtaki süperpozisyonun önemi ve sistemin belli bir duruma "çöküşü" Schrödinger'in kedi paradoksuyla anlatılıyor.





Weyl Eğriliği Hipotezi

Evren, büyük patlamanın hemen sonrasında küçük, zamanın sonlarına yakın bir noktada büyük Weyl eğriliğine sahip olmalı. Penrose, bundan yola çıkarak Weyl eğriliğine bakarak zamanın yönünün belirlendiği sonucuna varıyor.

Sınırsızlık Önerisi

Hawking, evrenin evriminin, 1983 yılında kendisi ve Santa Barbara'daki California Üniversitesi'nden James B. Hartle tarafından ortaya konulan sınırsızlık öngörüsü ile açıklanabileceğini öne sürüyor. Evrenin sınırlara sahip olmadığı fikri, kozmolojik alan denklemlerinin nasıl çözülebileceğini belirliyor. Hawking, bu koşullarda evrenin iki ucunun farklı olacağına, dolayısıyla zamanın akış yönünün belirlenebileceğine inanıyor.

da olacaktır. Başlangıcında evren düzgün ve düzenli olmalı. Ancak çokluğunda, düzensiz ve karmaşık bir hal alacağını öngörüyoruz. Düzenli olandan çok daha fazla sayıda düzensiz dağılım biçimi olduğuna göre, başlangıç şartlarının duyarlı biçimde belirlenmesi gerekiyor.

Görünüşe göre, zamanın iki ucu için farklı sınır değerleri belirlenmiş olmalı. Roger'in savına göre, Weyl tensörü bu sürecin bir ucunda ortadan kalkmalı ama diğerinde değil. Weyl tensörü, uzay-zaman eğriliğinin, Einstein denklemlerince madde tarafından belirlenmeyen kısmına aittir. Evrenin başlangıç evrelerinde düzgün ve çok küçük, evrenin sonlarında çok büyük olmalı. Dolayısıyla, zamanın iki ucu birbirinden ayrılmış ve zamanın akış yönü açıklanmış oluyor. Roger'in Weyl önerisinin birden çok anlamlı olduğunu sanıyorum. Önce, bu kavram, CPT dönüşümlerinden bağımsız değil. Roger bunu bir meziyet olarak görüyor ama bence vazgeçilmeleri için çarpıcı sebepler olmadıkça simetritler gözden çıkarılmamalı. İkincisi, Weyl tensörü evrenin erken evrelerinde mutlak sıfır olsaydı, evren bütünüyle homojen ve izotropik olur ve bu durumunu her zaman korurdu. Roger'in Weyl önerisi geri plandaki dalgalanmalara ve galaksiler gibi cisimlerin oluşumuna olanak veren tedirgemelere açıklama getiremez. Bütün bunlara rağmen, bence Roger, zamanın iki ucu arasında çok daha önemli bir ayrıma parmak basıyor. Weyl tensörünün bir uçta küçük oluşu sınır değerlerine tepeden inme bindirilmemeli, daha temel bir ilkedir, sınırsızlık öngörüsünden türetilmelidir.

Zamanın iki ucu nasıl farklı olabilir? Bir uçtaki tedirgemeler küçükken, neden öbür uçta böyle olmayabilir? Sebep, alan denklemlerinin iki olası karmaşık çözüme sahip oluşunda yatıyor. Açıkçası, bir çözüm bir uca, diğeri de öbür uca aittir. Bir uçta evren çok düzgündü ve Weyl tensörü çok küçüktü. Yine de mutlak sıfır değerini almış olamaz, çünkü bu belirsizlik ilkesinin ihlali olurdu. Bunun yerine küçük dalgalanmalar olmuş ve bunlar galaksilerin ve cisimlerin oluşumuna yol açmıştır. Aksine, zamanın öbür ucunda Weyl tensörü çok büyük olur evren kaotik olurdu. Bu, zamanın gözlemlenir akış yönünün neden fıncanların masadan düşüp kırıldığı yönü işaret ettiğini de açıklar.

Penrose: "Kuantum Kozmolojisi Üzerine"

Stephen'in konumundan anladığım kadarıyla bu noktadaki fikir ayrılığımız pek büyük değil. Bir ilk tekillik için Weyl eğriliği sıfıra yakın bir değerde. Stephen başlangıçta küçük kuantum dalgalanmaları olması gerektiğini tartıştı. Benim bakış açımdan bakıldığında kuantum anlayışı sınırlarında küçük dalgalanmalar kabul edilebilir. Gereksinim duyduğumuz şey, bunu sıfıra yakınsatacak bir yol. Belki de sınırsızlık öngörüsü ilk durum için iyi bir aday olabilir. Yine de, son durum için farklı birşeye gereksinim duyduğumuza inanıyorum. Özellikle, tekilliklerin yapısını açıklayan bir kuramın CPT ve diğer simetriteri ihlal edeceğini düşünüyorum. Zaman simetrisinin böyle bozulması pek karışık bir süreç olabilir ve kuantum mekaniğinin sınırlarını çok aşan nitelikte bir erkinin yasaları içinde saklı bulunabilir.

Hawking: "Fizik ve Gerçeklik Üzerine"

Bu konferanslar Roger ve benim düşüncelerim arasındaki farklılığı açıkça gösterdi. O bir Eflatunecü ve ben bir pozitivistim. O, Schrödinger'in kedisinin yarı ölü-yarı canlı bir kuantum durumunda bulunmasından kaygı duyuyor. Bunun gerçeklikle bağdaşmayacağını hissediyor. Ama bu benim umurumda değil. Ben bir kuramın gerçeklikle denkliliğini beklemiyorum; çünkü gerçekliğin ne olduğunu bilemiyorum. Gerçeklik, bir turnusol kağıdıyla sınamaz. Benim ilgi duyduğum

tek şey kuramın ölçüm sonuçlarını öngörebilmesi. Kuantum kuramı bunu başarıyla gerçekleştiriyor...

Roger dalga fonksiyonunun çöküşüyle fiziksel CPT bozulmasının geleceğini hissediyor. O bu ihlali en azından iki durumda kozmoloji ve karadeliklerde görüyor. Gözlemleri sorgulama sürecinde zamanın asimetrisine başvurabileceğimizi kabul ediyorum. Ama, kimi fiziksel süreçlerin dalga fonksiyonlarının indirgenmesi veya kuantum kütle çekim bilinciyle ilişkisi olduğu fikrini tümüyle reddediyorum. Bu bana büyü gibi geliyor; bilim değil.

Penrose: "Fizik ve Gerçeklik"

Kuantum mekaniği sadece 75 yıldır ortada. Bu, söz gelimi Newton'un yerçekimi kuramıyla karşılaştırıldığında pek uzun bir süre değil. Bu yüzden kuantum mekaniğinin makroskopik ölçeklerdeki cisimlere uyarlanırken değiştirilmesi beni şaşırtmaz. Tartışmanın başlarında Stephen kendisinin bir pozitivist, benim ise bir Eflatunecü olduğumu düşündüğünü söyledi. Kendisinin pozitivist oluşuna bir itirazım yoksa da, burada önemli olan benim bir gerçekçi oluşum. Ayrıca, bu tartışmayı bir zamanların ünlü Bohr-Einstein tartışmasıyla karşılaştırmak gerekirse onun Bohr'un benim Einstein'in rolünü oynadığımız belirtmek yerinde olur, Einstein, zorunlu olarak dalga fonksiyonuyla ifade edilmesi gerekmeyen gerçek bir dünyanın varlığını savunurken, Bohr, bir dalga fonksiyonunun gerçek mikrodünyayı değil, sadece yararlı öngörülerde bulunmak için gerekli bilgiyi ifade ettiğini savunuyordu.

Bohr'un tartışmayı kazandığına inanıyordum. Yakınlarda Pais'in hazırladığı Einstein'in biyografisine bakılırsa, Einstein'in 1925'ten sonra emekli olup balık avlayabilirdi. Her ne kadar bu tarihten sonra Einstein büyük gelişmeler kaydetmemiştiyse de, eleştirileri çok yardımcı olmuştu. Ben Einstein'in kuantum kuramını geliştirmeye, içeriğinde önemli bir eksiklik bulunduğu için devam etmediğini düşünüyordum. Eksik içerik, Stephen'in 50 yıl sonra gelen buluşu, karadelik ışımasıydı. Yeni hamleyi gerçekleştiren, karadelik ışımasıyla bağımlı olarak bilgi kaybıydı.

Hawking W. Stephen ve R. Penrose
"The Name of Time and Space", Scientific American, Temmuz 1986

Çeviri: Özgür Kurtuluş
Tekin Dereli