

Keyifli Okumalar Dileriz

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

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

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

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

ZAMANIN KISA TARİHİ'NİN YAZARI

STEPHEN HAWKING

BBC REITH DERSLERİ

KARA DELİKLER

Kara Delikler Hakkında
Son Bilgiler

Kerem Cankocak'ın Önsözüyle

ALFA | BİLİM

8.
BASKI

KARA DELİKLER

Kara Delikler Hakkında Son Bilgiler

STEPHEN HAWKING

Einstein'dan bu yana en parlak fizikçi olarak kabul edilir. 1963 yılında yirmi bir yaşında Cambridge Üniversitesinde lisansüstü öğrencisiyken motor nöron hastalığına yakalandı ve kendisine iki yıllık ömrü kaldığı söylendi. Buna karşın hayatına devam ederek önce Gonville ve Caius College'da öğretim üyesi oldu, daha sonra Isaac Newton'ın 1663 yılında sahip olduğu kadro olan Lucas Matematik ve Teorik Fizik Profesörlüğü kadrosunu alarak, otuz yıl boyunca bu görevi sürdürdü. Profesör Hawking halen Cambridge Üniversitesi Teorik Kozmoloji Merkezinin Araştırma Müdürlüğünü yürütmektedir. Çok sayıda onur ödülünün yanı sıra 1989'da Onursal Liyakat Nişanı da alan Stephen Hawking, Kraliyet Derneği [Royal Society] ve Amerika Birleşik Devletleri Bilim Akademisi üyesidir. Profesör Hawking aynı zamanda, uluslararası çok satan bir kitap olan *Zamanın Kısa Tarihi*'nin yazarıdır. Diğer çok satan popüler kitaplarıysa şunlardır: *Zamanın Daha Kısa Tarihi*, *Kara Delikler ve Bebek Evrenler*, *Ceviz Kabuğundaki Evren* ve *Büyük Tasarım*. Stephen Hawking halen Cambridge'te yaşamaktadır.

DAVID SHUKMAN

BBC Bilim editörü olan David Shukman, 2003 yılından bu yana bilimsel ve çevreye ilişkin konularda yazılar yazmaktadır. Amerikan uzay mekiğinden Büyük Hadron Çarpıştırıcısına kadar değişik konularda halkı aydınlatmıştır. BBC'nin On Haberlerine [News at Ten] daimi katkı sağlamakta olan David Shukman üç kitabın yazarıdır.

KEREM CANKOÇAK

İstanbul Teknik Üniversitesi, Fizik Mühendisliği Bölümünde profesör olarak görevine devam eden Kerem Cankoçak'ın editörlük ve çevirmenliğini yaptığı çok sayıda kitabın yanı sıra çeşitli dergilerde popüler bilim yazıları yayımlanmıştır.

Kara Delikler: BBC Reith Dersleri

© 2017, ALFA Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.

Black Holes: The BBC Reith Lectures

© 2016, Stephen Hawking

İlk baskısı The Random House Group Ltd.'in alt markası Transworld Publishers tarafından *Black Holes: The Reith Lectures* ismiyle basılmıştır.

Do Black Holes Have No Hair? ilk kez 26 Ocak 2016'da BBC Radio 4 tarafından yayınlanmıştır ve *Black Holes Ain't As Black As They Are Painted* ilk kez 2 Şubat 2016'da BBC Radio 4 tarafından yayınlanmıştır.

Görseller BBC Radio 4 için Cognitive (wearecognitive.com) tarafından üretilmiştir.

Kitabın Türkçe yayın hakları Anatoliait Ajans aracılığıyla Alfa Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti.'ne aittir. Tanıtım amacıyla, kaynak göstermek şartıyla yapılacak kısa alıntılar dışında, yayıncının yazılı izni olmaksızın hiçbir elektronik veya mekanik araçla çoğaltılamaz. Eser sahiplerinin manevi ve mali hakları saklıdır.

Yayıncı ve Genel Yayın Yönetmeni M. Faruk Bayrak

Genel Müdür Vedat Bayrak

Yayın Yönetmeni Mustafa Küpüşoğlu

Dizi Editörü Kerem Canköçak

Çeviri Kerem Canköçak

Redaksiyon Mehmet Ata Arslan

Kapak Tasarımı Füsün Turcan Elmasoğlu

Sayfa Tasarımı Mürüvet Durna

ISBN 978-605-171-551-3

1-4. Basım: Eylül 2017

7-8. Basım: Aralık 2017

Baskı ve Cilt

Melisa Matbaacılık

Çiftehavuzlar Yolu Acar Sanayi Sitesi No: 8 Bayrampaşa-İstanbul

Tel: 0(212) 674 97 23 Faks: 0(212) 674 97 29

Sertifika no: 12088

Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.

Alemdar Mahallesi Ticarethane Sokak No: 15 34110 Cağaloğlu-İstanbul

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

www.alfakitap.com - info@alfakitap.com

Sertifika no: 10905

ZAMANIN KISA TARİHİ'NİN YAZARI

STEPHEN HAWKING

BBC REITH DERSLERİ

KARA DELİKLER

Kara Delikler
Hakkında Son Bilgiler

Kerem Cankoçak'ın Önsözüyle

Çeviri
Kerem Cankoçak

ALFA BİLİM

İçindekiler

TÜRKÇE BASIMA ÖNSÖZ, 7

GİRİŞ, 31

1. Ders

KARA DELİKLERİN SAÇLARI

YOK MUDUR?, 35

2. Ders

KARA DELİKLER O KADAR DA

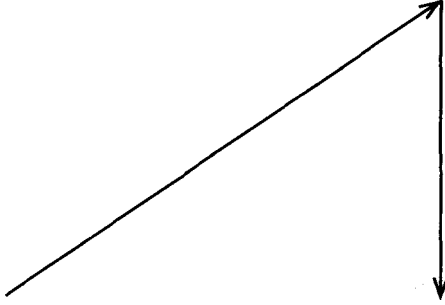
KARA DEĞİLLER, 53

TÜRKÇE BASIMA ÖNSÖZ

Bu kitapta Hawking'in çok özetle geçtiği meselelerin anlaşılması için bazı noktaların detaylıca açıklanması faydalı olur diye düşündüğümüzden, bu uzun önsözü yazma gereği duyduk. Öncelikle şunu belirtmek gerekir ki, Hawking'in omuzlarında yükseldiği devler olan Galileo, Newton, Boltzmann, Maxwell, Einstein vb gibi bilim insanları zamanlarından bağımsız olarak ortaya çıkmazlar. Bu büyük isimlerden her birini yaratan büyük bir kuramsal ve deneysel/gözlemsel geçmiş vardır.

Günümüz fiziği aslında yaklaşık 400 yıl kadar önce Galileo'yla başlar. Onun öncesinde 'Aristoteles fiziği' yaklaşık 2000 yıl boyunca Batı'da hakim olmuşsa da, bu yaklaşım günümüzde fizik biliminden anladığımızdan çok uzaktır. Örneğin Aristoteles taşların aşağı düştüğünü, çünkü her şeyin özüne dönmek istediğini söyler. Bu bağlamda Aristoteles atılan bir cismin hareketini açıklamakta zorlanır. Aristoteles ve izleyicilerinin 2000 yıl boyunca tartıştıkları en önemli sorun harekettir: ileri atılan bir ok neden hareketine devam eder?

Aristoteles'e göre okun hareketine devam etmesi için sürekli bir 'itış' gerekir. Bazı Aristotelesçiler okun önünden gelen havanın arkaya dolanarak oku itmeye devam ettiğini öne sürerler. Bu görüşe göre, düz bir çizgi izleyen ok sonunda özüne dönmek ister ve dimdik aşağı düşer. 2000 yıl boyunca bu konuda benzer görüşler öne sürülür ama hepsinin ortak özelliği 'asıl olan durağanlıktır' ilkesidir. Hareket için bir etki (kuvvet) gerekir.



Şekil 1: Aristoteles'e göre atılan bir cismin izlediği yol.

Bugün anladığımız anlamda fizik bilimiye Galileo Galilei'yle başlar. O nedenle bütün dünyada üniversite birinci sınıfta fizik öğrenimine Galileo fiziğiyle başlanır ve hiç bir zaman Aristoteles fiziği okutulmaz. Çünkü günümüzde Aristoteles 'bilim' olarak kabul edilmemektedir. Galileo ve sonrasının Aristoteles fiziğinden ayıran en önemli temel ilkesi 'hareket ilkesidir.' Daha sonra Newton'un birinci yasası haline

gelecek olan Galileo'nun hareket ilkesine göre asıl olan harekettir. Ok hareketine devam eder, çünkü karşı bir kuvvet olmadığı sürece hareketin durması için bir sebep yoktur. Peki bu durumda fizik hangi 'gerçek'liği yansıtmaktadır? Gödel'in 1930'larda ispatladığı gibi hiç bir analitik düşünce kendini kanıtlayamaz; dolayısıyla bütün fizik bilimleri bir metafizik ilke üzerine kurulmalıdır. Günümüz fiziğinin üzerine dayandığı metafizik Galileo'yla başlamıştır. Kendi kendisini ispatlayamaz, ama 13,7 milyar yıldan bu yana gelmiş geçmiş her şeyi 'açıklar.' Metafizikimizin sınırları bugün Büyük Patlamaya kadar dayanmıştır.

Isaac Newton'ın 1684 ile 1687 yılları arasında *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* [Doğal Felsefenin Matematiksel İlkeleri] kitabında formüle ettiği evrensel kütleçekim kanunu, Kepler'in eliptik yörüngeler keşfi ile Galileo'nun bilimsel metodunun bir kombinasyonuydu. Tıpkı Galileo gibi Newton için de kuramları gerçek dünyaya dair deney ve gözlemlerle karşılaştırmak şarttı.

Newton, *Principia*'da çağdaşlarına benzer teknikler kullanarak, gezegenlerin güneş etrafında eliptik yörüngeler izlemesi için kütleçekimin ters kare yasasına göre davranması gerektiğini kanıtladı. Diğer bir deyişle, birbirlerine belli mesafede bulunan iki kütle ara-

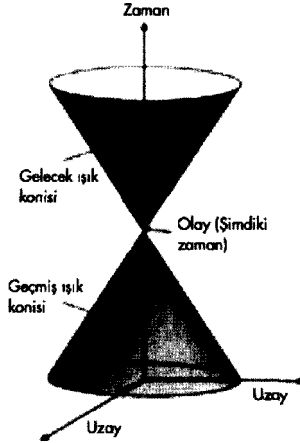
sındaki çekim kuvveti, o iki kütle değerinin birbiriyle çarpımının, uzaklıklarının karesine bölümüyle doğru orantılıdır. Newton daha ileri giderek bunun bir *evrensel yasa* olduğunu vurguladı: bu yasa, evrenin herhangi bir yerinde herhangi bir tür maddenin, evrenin herhangi başka bir yerindeki herhangi başka tür bir maddeye uyguladığı çekim kuvveti için de geçerliydi. Newton hareket eden ya da sabit duran cisimlerden söz ederken ‘mutlak uzay’ olarak adlandırılacak olan, sabit bir hayali uzay sahnesine kıyasla ele alıyordu. Newton’ın yasaları, nesnelerin bu sahne üzerinde nasıl hareket ettiklerini ve rollerini nasıl oynadıklarını belirliyordu. Ayrıca Newton yasalarıyla hesaplanan evren modelinde aslında uzaydaki bütün gök cisimlerinin birbirlerini çekerek orta bir noktada toplanmaları gerektiği görülüyordu. Ama Newton ve onu izleyen fizikçiler bunu uzayın sonsuz olmasıyla aşılabileceğini düşündüler. Gerekli analitik hesaplamaları yapamadılar (çünkü Newton yasaları iki cisimden sonra analitik çözümler sunamıyordu) ama yine de sonsuz büyük bir uzayda sonsuz sayıdaki cisimlerin birbirlerini çekerek, durağan bir uzaya yol açacağını varsaydılar.

Özel ve Genel Görelilik

İki yüzyıldan fazla bir süre boyunca Newton yasaları gayet güzel çalıştı. Ama Newton fiziği elektromanyetik kuramda, diğer bir deyişle ışık hızına yakın hızlarda sorunlara yol açıyordu. Bu sorunlar Einstein'la birlikte aşıldı. Einstein'ın 1905'te ortaya koyduğu özel görelilik kuramının temel postülası, fizik yasalarının serbest hareket eden tüm gözlemciler için hızları ne olursa olsun aynı olması gerektiğidir. Aslında Newton'ın hareket yasalarında da yer olan bu fikir Einstein tarafından Maxwell'in kuramını ve ışık hızını da kapsayacak şekilde genişletildi. Buna göre tüm gözlemciler ne hızla hareket ederlerse etsinler *ışık hızını aynı ölçmeliydiler*. Bu basit fikir, kütle ile enerjinin denkliği ($E=mc^2$) gibi çığır açıcı sonuçlara yol açtı. Işık hızının yüzde 90'ıyla yol alan cisim durgun kütlelerinin iki katına ulaşır. Cisim asla ışık hızına ulaşamaz, çünkü ulaştığında kütlelerinin de sonsuz olması gerekir. Göreliliğin bir diğer önemli sonucu da uzay ve zaman hakkında tamamen yeni bir yaklaşım getirmiş olmasıdır. Eşzamanlılık diye bir kavram yoktur artık. Görelilik kuramı mutlak zaman fikrine son vermektedir. Her gözlemci kendi ölçümüne sahiptir ve farklı gözlemcilerin taşıdığı özdeş saatler aynı sonucu vermek zorunda değildir. Örneğin aynı yaştaki ikizlerden biri bir uzay

gemisine binip, ışık hızına yakın bir hızda başka bir gezegene gitse, dünyadaki ikizinden daha genç olarak geri gelir. Bütün bunlar deneylerle kanıtlanmış bilimsel gerçeklerdir.

Uzayda bir kaynaktan belirli bir zamanda yayılan ışık sinyali zaman geçtikçe, boyutu ve konumu kaynağın hızından bağımsız olarak bir ışık küresi biçimindedir. Işık dalgası zaman geçtikçe büyüyen bir çember şeklinde genişler. Bu durumu biri uzay (x-ekseni) diğeri zaman (y-ekseni) olmak üzere iki boyutlu bir grafikte gösterirsek, sıfır noktasında (kaynakta) birleşen ve yukarıya doğru genişleyen bir üçgen elde ederiz. 4-boyutta çizemeyeceğimiz için uzay boyutunu ikiye indirip 3-boyutta çizersek bir koni elde ederiz (Şekil 2).



Şekil 2: Özel Görelilik kuramında uzayzamanın ışık konileri.

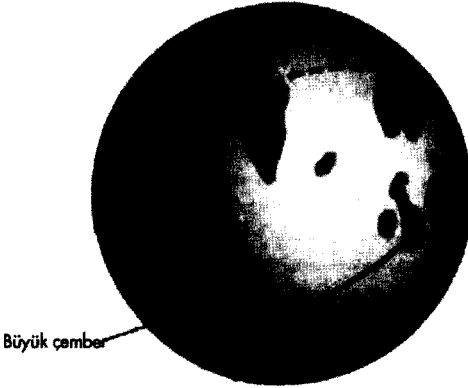
Koninin üst kısmına olayın gelecekteki ışık konisi adı verilir. Aynı şekilde, ışık sinyalinin şimdiki zamana ulaşmayı başardığı olayların kümesine de geçmişteki ışık konisi denir.

Evrendeki tüm olayları üç sınıfa ayırabiliriz. Şimdiki zamanda bir O olayı olmuş olsun; ışık hızında veya ışık hızının altında bir hızla hareket eden etkiler yoluyla elde edilebilen olaylar, şimdiki zamanın geleceğinde yer alır. Şimdiki zaman sadece gelecekteki olayları etkileyebilir çünkü hiçbir şey ışıktan daha hızlı hareket edemez.

Benzer biçimde geçmişteki etkiler de ışık hızında veya ışık hızının altında hareket ederek şimdiki olaya ulaşması mümkün olan tüm olayların kümesi olarak tanımlanabilir. Şimdiki zamanın geleceği veya geçmişinde yer almayan olaylarsa, O noktasının dışında bir yerde yer alan olaylardır. Bu tür olaylarda olan biten şeyler, ne O'da olanları etkiler ne de O'da olanlardan etkilenir. Örneğin güneş birden ortadan kalksaydı, bu şimdiki zamanda dünyada olanları etkilemezdi, çünkü güneşin ışığı veya kütleçekim etkisinin dünyaya erişmesi 8 dakika alır. Aslında evrene baktığımızda onu geçmişteki haliyle görüyoruz.

Buraya kadar anlattıklarımız Özel Görelilik kuramının konularıydı. Öte yandan 1915'te Einstein göreliliği kütleçekime de

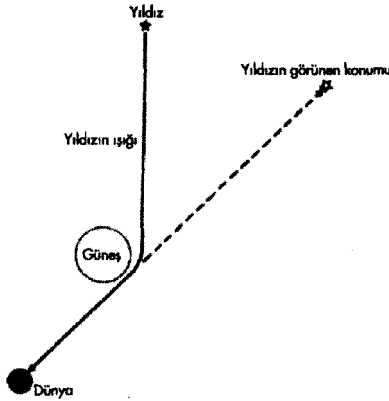
uygulayarak çok daha genel bir kuram elde etti: Genel Görelilik Kuramı. Einstein kütle-çekimin diğer kuvvetler gibi bir kuvvet olmadığını, uzayzaman bükülmesinin sonucu olduğunu gösterdi. Gezegenlerin güneş etrafında dönmelerinin nedeni, uzayzamanın içerisindeki kütle ve enerjinin dağılımı nedeniyle bükülmüş olmasıdır. Bu olayı anlamak için jeodezik kavramını incelemeliyiz. Düz uzayda iki nokta arasındaki en kısa yol düz bir çizgidir. Ama kürenin yüzeyi gibi eğri bir uzayda jeodezik en kısa yoldur. Dünyanın yüzeyini düşünürsek, bir geminin okyanusta yol alırken izleyeceği en kısa yol (jeodezik) bir çemberdir (Şekil 3).



Şekil 3: Bir geminin okyanusta yol alırken izleyeceği en kısa yol (jeodezik) bir çemberdir.

Aynı şekilde ışık da uzayzamanda en kısa yolu izler. Dolayısıyla bükülmüş uzayda ışık eğri bir çizgi izleyerek hareket eder. Işık kütleçekim alanları tarafından bükülür.

Einstein'ın bu öngörüsü 1919 yılındaki güneş tutulması sırasında Eddington tarafından sınanmış ve doğrulanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4: Bükülmüş uzayda ışık eğri bir çizgi izleyerek hareket eder.

Genel görelilik kuramı ayrıca zamanın kütleçekime göre farklı aktığını da ortaya koyar. Tıpkı birbirine göre farklı hızlarda hareket eden sistemlerde zamanın farklı akması gibi, farklı kütleçekim etkilerine maruz kalan sistemlerde de zaman farklı akar. Örneğin zamanın dünya gibi kütleli bir cismin yakınında daha yavaş akar. Dünyaya uzak bir insan için,

olayların gerçekleşmesi için yakındakinden daha uzun zaman gerekir. Kullandığımız konum ölçme sistemleri (GPS'ler), dünya yüzeyinden değişik yüksekliklerdeki saatlerin hızlarındaki farklılık, ve uydulardan gelen sinyaller temelinde işleyen çok hassas navigasyon sistemleriyle çalışmaktadır. Aksi takdirde hesap edilen konum birkaç kilometre yanlış çıkar.

Bu noktada, çok sık yapılan bir yanıla değinmek gerekir: Newton ve Einstein fizikleri farklı fizikler değildir. Einstein fiziği, Newton'unkinin daha genelleştirilmiş halidir. Daha çok olguyu, daha büyük hassaslıkla açıklayabilir. Bugün aya veya daha uzak gezegenlere giden uzay araçları Newton fiziğinin öngörülerini kullanırlar. Ancak GPS gibi daha hassas aletler kullanmak istersek Newton fiziğinin hata payı büyür ve Einstein'ın kütleçekim kuramını kullanmak zorunda kalırız. Bunlar birbirleriyle uyuşmayan fizikler değildir. Newton'un kütleçekimi açıklamak için 'anında uzaktan etkileyen kuvvet' kavramına başvurması, Einstein'ın kütleçekimi uzayzaman eğriliğiyle açıklaması bu iki açıklamayı Kuhn'un iddia ettiği gibi birbirleriyle ölçüştürülemez yapmaz. Şüphesiz Einstein fiziği Newton fiziğine göre daha doğrudur, ancak küçük ölçeklerde, yavaş hızlarda iki model de aynı sonuçları verir. Einstein'ın kendi sözleriyle özetlersek:

"Bununla birlikte kimse Newton'ın kudretli çalışmasının bu ya da başka bir teori tarafından aşılabileceğini sanmasın. Onun büyük ve anlaşılır fikirleri, doğa felsefesi alanında tüm modern kavramsal yapımızın temeli olarak her zaman biricik anlamını koruyacaktır."

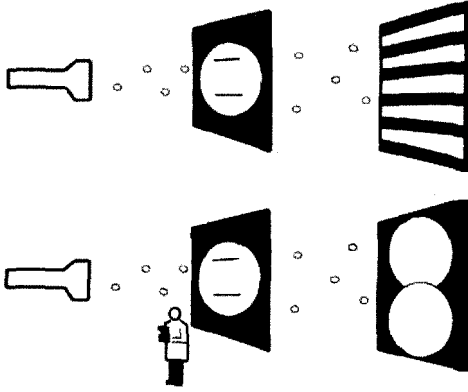
Kuantum fiziği

20. yüzyılın ikinci büyük devrimi çok küçük boyutları ele alan fizikte ortaya çıkar: kuantum fiziği. Çevremizde gördüğümüz her şey, hava, su, ateş ve toprak bir metrenin on milyarda biri büyüklüğündeki atomlardan; atomlar kendilerinden on bin kat küçük çekirdek ile bir milyar kat küçük elektronlardan; çekirdek ise kendinden on kat daha küçük nötron ve protonlardan oluşmaktadır. Atom çekirdeğindeki proton ve nötronlar da, temel parçacık olan kuarklardan meydana gelmektedir. Böylesi küçük varlıkların (mikrokozmos) davranışlarının günlük hayatta (makrokozmos) gözlemlediğimiz cisimlerden farklı olduğunu varsayıyoruz. Çok küçük boyutlarda geçerli olan kuantum mekaniği yasalarına göre, atomaltı parçacıkların konumları ne kadar yüksek hassasiyetle ölçülürse, hızları o kadar az hassasiyetle bilinebilir (Heisenberg belirsizlik ilkesi); hem dalga hem parçacık özellikleri gösterirler; devinim

* A. Einstein, *Son Yıllarım*, Kırmızı Kedi Yay., 2013, s. 64.

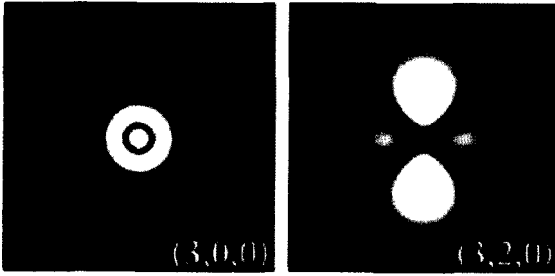
sırasında belli bir yörünge izlemezler; verilen bir durumdan diğerine geçerken gözlenemeyen ara durumlar geçirirler. Özetle, mikrokozmosa uyguladığımız doğa yasalarıyla, makrokozmosu değerlendirirken ortaya attığımız doğa yasaları arasında ontolojik bir kopuş söz konusudur. Çünkü beynimiz makrokozmosta evrimleşmiştir. Çevremizdeki olaylara tepki vermeye yönelik olarak evrimleşen zihnimiz, atom altı dünyasındaki günlük hayatta alışkın olmadığımız olguları yorumlamakta yetersiz kalır.

Ancak, her ne kadar kuantum fiziği, atomlardan DNA'ya her şeyin nasıl çalıştığını açıklayabilse de, gerçekte neden böyle olduğunun cevabını veremez. Buradaki temel gizem, bir elektronun iki delikten aynı anda geçmesi (diğer bir deyişle Schrödinger'in kedisi) paradokstur. Hangi delikten geçtiğine baktığınızda, elektronlar ekranda girişim deseni oluşturmaz, belli bir duruma 'çökerler.' Kopenhag yorumuna göre elektron gibi kuantum varlıklarının siz onlara bakmıyorken ne yaptıklarını sormak anlamsızdır. Bu yoruma göre, uzaydaki bir noktada, örneğin iki delikten birinde, gerçek gözlemden bağımsız olarak, elektronun nesnel varlığına verilebilecek herhangi bir anlam yoktur. Elektron sadece biz onu gözlemlediğimizde varlığa kavuşur gibi görünür (Şekil 5).



Şekil 5: Basit bir çift yarık düzeneği. Eğer gözlemci hangi elektronun nereden geçtiğini gözlemezse girişim deseni oluşur (üstteki durum); ama hangi elektronun nereden geçtiğini gözlerse girişim deseni oluşmaz (alttaki durum).

Evrenimiz aslında temelinde kuantize olmuş durumdadır. Evrendeki her şey (biz dahil) az ya da çok, rastgele dalgalanmakta. Küçük nesnelerdeki dalgalanmaları hassas aletlerle tespit edebiliyoruz. Ama büyük cisimlerde dalgalanma çok çok az olduğundan tespiti mümkün değil. Ancak söz konusu kütleçekim olduğunda ve kara delik ya da Büyük patlama gibi tekillikler söz konusu olduğunda kuantum dalgalanmaları temel rol oynamaktadır.



Şekil 6: Şekilde, farklı enerji seviyelerindeki atomlardaki elektron olasılıkları görülmekte.

Günlük hayatta yukarıda bahsettiğimiz etkileri gözlemleyemememizin nedeni, deneyimlediğimiz hızların ve kütleçekim alanlarının çok zayıf, boyutların ise çok büyük olmasıdır.

Karadelikler

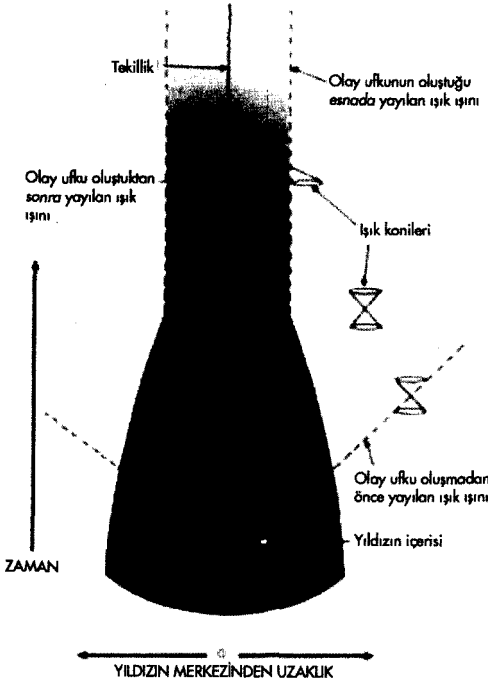
Ama karadelikler için durum değişir. Kara deliklerde hem kütleçekim çok büyüktür ve karadelik tekilliklerinde kuantum mekaniğinin önemli etkileri olsa gerektir. Bu yüzden nasıl klasik fizik atomların sonsuz bir yoğunluk derecesinde çökmesi gerektiğini varsayarak kendi çöküşünü öngörüyorsa, klasik genel görelilik de karadeliklerdeki sonsuz yoğunlukta noktalar öngörerek bir anlamda kendi kendini çökertir. Bu nedenle fizikte yeni bir kurama, genel görelilikle kuantumu birleştiren bir kurama ihtiyaç vardır. Böyle bir kuramın sahip olması gereken bir dizi özelliği biliyoruz.

Aslında kara delik fikri genel görelilikten çok daha eskidir. İngiliz fizikçi John Michell 1783 yılında, sadece Newton mekaniğinden yola çıkarak, yeterli ölçüde yoğun ve kütleli bir yıldızın ışığın kaçamayacağı yegınlıkte bir kütleçekim alanına sahip olacağını öngörmüştü. Bugün bu tür cisimlere kara delik diyoruz, çünkü bu cisimlerden hiç bir şey kaçamaz. Şüphesiz o yıllarda ışığın kütleçekimden nasıl etkilendiğine dair bir fikir yoktu. Ama 1915'te Einstein'ın genel göreliliğı ortaya koymasından bu yana kütleçekimin ışığı nasıl etkilediğine ilişkin tutarlı bir kuramımız var. Bir kara deliğın nasıl oluştuğunu anlayabilmek için öncelikle bir yıldızın yaşam döngüsüne bakmamız gerekir. Bir yıldız, kütleçekim kuvveti nedeniyle çok büyük miktarda hidrojenin kendi üzerine doğru çökmeye başladığında biçimlenir ve atomlar birbirleriyle daha sık ve daha yüksek hızlarda çarpışmaya başlayarak yıldız ısınır. Sonunda öyle sıcak bir hale gelir ki, hidrojen atomları çarpıştıklarında artık birbirlerinden sekmez, bunun yerine helyumu oluşturacak şekilde kaynaşırlar. Füzyon adı verilen bu tepkimede serbest kalan ısı, yıldızın parlamasını sağlar. Bu ısı, gazın basıncını kütleçekim etkisini dengelemeye yeterli olana dek artırır ve gazın büzüşmesi durur. Tıpkı bir balonu üfleyerek şişirmeye başladığımızda,

balonu genişletmeye çalışan içerideki havanın basıncı ile balonu küçültmeye çalışan lastikteki gerilim arasındaki denge gibi, yıldız da bir süre sonra genişlemesini durdurur. Ancak en sonunda yıldız hidrojenini tüketir ve soğumaya, dolayısıyla da büzüşmeye başlar. Bir yıldızın kütlesi Chandrasekhar sınırından azsa, büzüşme durur ve beyaz cüceye dönüşür. Öte yandan Chandrasekhar sınırının üzerinde bir kütleye sahip olan yıldızlar, yakıtlarının sonuna geldiklerinde kara deliğe dönüşebilirler.

Birkaç milyar yıllık yaşam süresi boyunca hidrojeni helyuma dönüştüren, güneşin kütlesinin 5-10 katı kadar kütlesi olan bir yıldızın merkezinde üretilen ısı yıldızı kendi kütleçekimine karşı desteklemeye yeterli basınç yaratacaktır. Ancak yıldız nükleer yakıtını bitirdiğinde, dışı doğru basıncı koruyacak hiçbir şey olmayacak ve yıldız kendi kütleçekimi nedeniyle çökmeye başlayacak, büzüldükçe yüzeydeki kütleçekim alanı güçlenecek ve kaçıp kurtulma hızı artacaktır. Yıldızın yarıçapı otuz kilometrenin altına inene kadar kaçıp kurtulma hızı saniyede 300.000 kilometreye, ışığın hızına kadar artmış olacaktır ve sonra yıldızdan yayılan herhangi bir ışık sonsuzluğa kaçamayacak, kütleçekim alanı tarafından çekilecektir. Böylelikle yıldız kara deliğe dönüşmüş olur. Kara deliğin sınırına olay ufku denir ki, on Güneş

kütlesi kadar kütlesi olan bir yıldız için bu sınıır yaklaşık otuz kilometredir (Şekil 7).



Şekil 7: On güneş kütlesi kadar kütlesi olan bir yıldız çökerek kara delik oluşturduğunda olay ufku otuz km'dir.

Roger Penrose ve Stephen Hawking'in çalışmaları, genel görelilik uyarınca bir kara deliğin içerisinde sonsuz bir yoğunluğa ve uzay-zaman bükülmesine sahip bir tekilliğin olmak zorunda olduğunu gösterdi. Bu Büyük Patlamadaki duruma benzer tekillikte bilimsel ya-

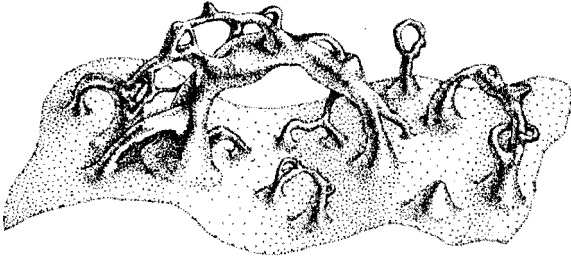
saların ve bizim geleceği öngörme becerimiz geçersizleşir. Ancak kara deliğin dışında kalan bir gözlemciye tekillikten ne ışık ne de başka bir sinyal ulaşabildiğinden bu durumdan etkilenmez. Kara deliğin dışında kalan gözlemciler tekilikte oluşan öngörülebilirlik kırılmasının sonuçlarından korunmaktadırlar. Olay ufku, kara deliği çevrelemiş tek yönlü bir filtre gibidir. Cisimler, olay ufkundan geçerek kara deliğe düşebilir, ama hiçbir şey kara delikten çıkıp olay ufkundan geçerek dışarı çıkamaz.

Kara delikler doğrudan gözlemlenemezler ama çevresindeki yıldızları içine çekerken oluşturdıkları görüntüler saptanabilir. Kütleçekimsel mercekle etkisi adı verilen bu durum da bilim insanları tarafından saptanmıştır. Dolayısıyla kara deliklerin varlığı hakkında herhangi bir şüphe yoktur.

Kuantum Kütleçekim

Buraya kadar anlattıklarımız kanıtlanmış bilimsel kuramlardır. Ancak fizikçiler bunlarla yetinmeyip, var olan metafiziğimizin sınırlarını genişletecek çalışmalar yapmayı sürdürmektedirler. Aslında kara deliğin içinde neler olup bittiğini bilmesek de, kara deliklere ilişkin alternatif fizik modelleri üretilmeye devam edilmektedir. Bu modellerden bazıları kuantum kuramıyla kütleçekimi birleştiren kuan-

tum kütleçekim kuramlarıdır ki, en popülerleri arasında sicim kuramları yer alır. Einstein'ın çok iyi anlaşılmış görelilik yasaları, uzayzamanın örneğin bir kara delik etrafında nasıl büküldüğünü betimler. Ancak kuantum dalgalanmalarını ışın içine katmadan doğru bir kuantum kütleçekim kuramı elde etmek de mümkün değildir. Çünkü Einstein yasaları Büyük Patlamanın başlangıcı ya da kara deliğin içi gibi yerlerde çalışmaz. Tekillik, uzayın ve zamanın bükülmesinin sınırsız olduğu yerdir.



Şekil 8: Kuantum köpüğü

Bilgi kaybı tartışması ve Kara Delik Savaşı

Bu kitapta sözü edilen ve Hawking ile Susskind arasında 1981 yılına kadar giden kara delik savaşının temelini bilgi kaybı tartışması oluşturur. Bilgi korunumu enerji korunuma özdeş bir kavramdır ve entropiyle yakın ilişkisi vardır. Susskind'in dediği gibi, entropi

saklı bilgidir.* “Entropiyle” neyin ölçüldüğünü gözümüzün önüne getirebilmenin en iyi yolu bir sistem içerisindeki düzenin miktarını düşündürmektir. Bir ara bölme tarafından ikiye bölünmüş bir kutu örneğini düşünelim: kutunun yarısı gazla doluyken diğer yarısı boştur. Bu düzenli halden sonra, ara bölmenin kaldırıldığını düşünün; günlük tecrübelerimizden biliyoruz ki, gaz kutunun içini eş dağılımlı bir biçimde doldurmak üzere yayılır. Şimdi sistem daha düzensizdir; çünkü gaz yığınının içindeyken kutunun hangi yarısında olduğunuzu söylemeniz mümkün değildir. Ayrıca gaz boşluğa doğru yayıldıkça sıcaklık da düşmüştür. Şimdi kutunun bir kenarından bir pistonla gazın tamamını iterek, yani dışardan iş uygulayarak gazın başlangıçtaki haline geri dönmesini sağlayabilir ve sıcaklığı da yükseltebiliriz. Kapalı bir sistem olarak kutu eski haline döndürülmüş olmasına rağmen bu işin sonucunda evrende entropi artmıştır. Termodinamiğin ikinci yasasına göre entropi sürekli artar. (Birinci yasa, enerjinin korunumuyla ilgilidir.) Mutlak sıfır sıcaklığına kadar soğutulmuş bir miktar buz kristali hayal edin. Bu kristaldeki moleküllerin kesin konumları hakkında bilinmedik bir şey kalmamıştır; enerji, sıcaklık ve entro-

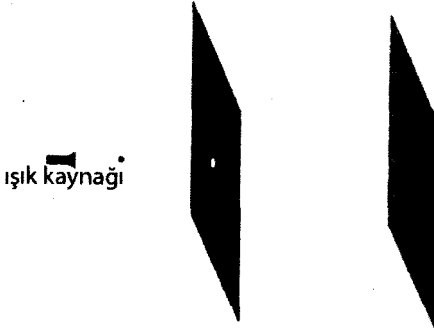
* Leonard Susskind, *The Black Hole War*, Back Bay Books, 2009, s. 133.

pi sıfırlanmıştır. Şimdi biraz ısıttığımızda buz kristali içindeki moleküller titreşmeye başlar. Küçük bir miktar bilgi kaybolur. Enerji arttıkça entropi de artar.

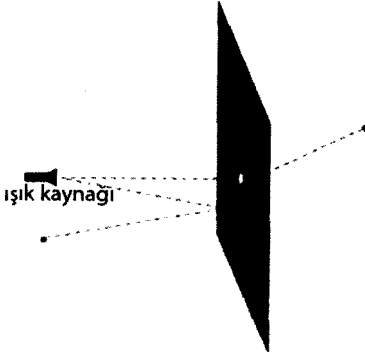
1976 yılında Hawking kara deliklerin içine atılan bilginin sonsuza kadar kaybolduğunu söylediğinde Susskind itiraz eder ama itirazını hemen gerekçelendiremez. 1981 yılına gelindiğinde artık Susskind ve t'Hoofft gibi fizikçiler ile Hawking arasında kara delik savaşları başlamıştır. Hawking'e karşı çıkan fizikçiler, bunun kuantum fiziğindeki çok temel bir fizik yasasını ihlal ettiğine dikkat çekerler: bilginin korunumu yasası.* Susskind, kuantum fiziğindeki belirsizlik ilkesine ve öngörülemezliğe karşın bilginin korunduğunu şu örnekle açıklar: Diyelim ki bir ışık kaynağından çıkan fotonlar, metal levha üzerindeki çok küçük bir delikten geçerek arkadaki dedektör ekranında saptanıyorlar. Bu fotonların bir kısmı metale çarparak geri gelirler, bir kısmı geçer. Hangisinin geçeceği tamamen belirsizdir. Ancak dedektöre çarptıktan sonra bu konuda bilgimiz olabilir. Şimdi dedektör ekranını kaldırdığımızı-

* Bu noktada, Roger Penrose'un bilgi kaybı tartışmasına çok farklı bir yaklaşım getirdiğini vurgulayalım. *Zaman Döngüleri* kitabında anlattığı bu yaklaşım, Hawking ile Susskind arasındaki tartışmadan çok farklı olduğu için ayrıntılarına burada girmeyeceğiz.

zı düşünelim. Bu durumda hiç bir şekilde hangi fotonun delikten geçtiğini ve ne tarafa doğru gittiğini bilemeyiz, dolayısıyla belli bir zaman diliminden sonra geriye doğru giderek fotonun daha önce nerede olduğunu bilemeyiz.



Şekil 9: Bir ışık kaynağından çıkan fotonlar, metal levha üzerindeki çok küçük bir delikten geçerek arkadaki dedektör ekranında saptanırlar.



Şekil 10: Dedektörü kaldırdığımızda hiç bir şekilde hangi fotonun delikten geçtiğini ve ne tarafa doğru gittiğini bilemeyiz.

Bu durumda kuantumdaki rastgeleliğin bilgi korunumuna izin vermediği düşünülebilir. Ancak püf noktası şudur: Fotonu gözlemediğimizde, bir zaman sonra ilk noktada ortaya çıkacaktır. Yalnızca fotonu gözlemlediğimizde bilgi kaybı meydana gelmektedir. Dolayısıyla, kuantum mekaniği bilgi korunumunu sağlamaktadır. Oysa Hawking'in önerisi kabul edilirse kuantum fiziğini baştan yazmak gerekecek ya da bu kuram bugünkü haliyle geçersiz kalacaktır. Uzun süren bu bilgi kaybı tartışmasından sonra Hawking pes ederek kara deliklerde bilginin kaybolmadığını kabul eder ve bu kitapta okuyacağınız gibi, bilginin nasıl korunacağını da açıklar.

Kara delikler hakkındaki son bilgilerin yer aldığı bu kısa kitabın Türkçe literatürde önemli bir eksikliği gidermesi dileğiyle.

Kerem Cankoçak

GİRİŞ

Stephen Hawking'le ilgili her şey bir cazibe kaynağıdır: engelli bir bedene hapsolmuş bir dehâ; sadece tek bir kasın oynayabildiği yüzdeki gülümser ifade; evrenin en tuhaf yerlerini keşfe davet eden robotik bir ses.

Her türlü kötü şansa karşın bu olağanüstü şahsiyet bilimin gündelik sınırlarını aşmayı başardı. *Zamanın Kısa Tarihi* isimli kitabı on milyon adet baskı yaptı. Popüler komedi şovlarındaki küçük rollerde oynadı, Beyaz Saraya davet edildi ve hayatı filme çekilerek ünlüler kategorisine girdi. Hiç şüphesiz, dünyadaki en tanınmış bilim insanı unvanı ondadır.

1960'ların başında Stephen Hawking'e motor nöron hastalığı teşhisi kondu ve iki yıllık ömrünün kaldığı söylendi. Oysa yarım yüzyıldan uzun bir süre sonra kendisi hâlâ araştırmalarına devam ediyor, yazıyor, seyahat ediyor ve düzenli olarak haberlere konu oluyor. Bu olağanüstü durumu kızı Lucy 'korkunç derecede inatçı' olmasıyla açıklamakta.

Gerek kişisel yaşam öyküsündeki acılarla gerekse hayranlık uyandırıcı yeteneğiyle Haw-

king insanların hayal gücünü zorluyor. Yakın tarihli bir makalesinde insanlığı –küresel ısınmadan yapay olarak üretilmiş virüslere kadar– kendi yarattığı felaketlere karşı uyardı. Hawking’in makaleleri BBC web sitesinin en çok okunanları arasında.

Böylesine büyük bir bilim iletişimcisinin normal iletişim kanallarına sahip olmaması müthiş bir ironi. Bir örnek verecek olursak, röportajlarda sorular önceden gönderilmeli. Birkaç yıl önce yardımcıları beni havadan sudan konuşmalarda bulunmamam konusunda uyardılar, çünkü en küçük sorunun yanıtının hazırlanması bile çok uzun sürüyordu. Yine de onunla buluşmanın heyecanı içinde ‘Nasılsınız?’ diye sorma gafletinde bulundum. Epey uzun süren bir bekleme süresi sonunda iyi olduğunu öğrendim.

Cambridge’teki odasında bulunan kara tahta denklemlerle dolu. Çok özel türdeki bu matematik kozmolojinin para birimidir. Ama Stephen Hawking’in bilimsel araştırmaya olan özgün katkısı çok farklı uzmanlık alanlarını birleştirip sentezini yapmak olmuştur: atomların içindeki küçücük parçacıkların araştırılmasında kullanılan bilimsel yöntemleri olağanüstü büyük boyutlardaki uzayı araştırmak için kullanmıştır.

Bu müthiş karmaşık bilimsel alanda çalışanlar, uğraştıkları konuları halka anlatmanın

olanaksız olduğunu düşünebilirler. Oysa Hawking bunu geniş kitlelere anlatmayı başarmıştır. Bu yılın BBC Reith derslerinde Stephen Hawking, bütün bir ömür süren araştırmalarını on beş dakika içinde aktarma gibi gerçekten zorlu bir meydan okumayı kabul etti. Bilimsel konuları merak edip de, konuların zorluğundan korkanlar için yardımcı olması amacıyla Hawking'in derslerine ek açıklamalar ekledim.

David Shuk



1. Ders

KARA DELİKLERİN SAÇLARI YOK MUDUR?

Yayın tarihi: 26 Ocak 2016

Gerçeklerin kurgudan daha acayip olduğu söylenir. Şüphesiz bu kara delikler için çok doğrudur. Kara delikler, bilim kurgu yazarlarının hayal ettikleri her şeyden daha acayıptır ama bütün bu acayıplikler sonuna kadar bilimsel gerçeklere uygundur. Bilim topluluğunun, kendi kütleçekimleri altında çöken devasa yıldızları keşfetmeleri ve bunların ardında kalanları incelemeleri zaman aldı. Albert Einstein bile 1939'da yayımladığı makalede yıldızların kendi kütleçekimleri altında çökmeyeceklerini çünkü maddenin bir noktadan sonra sıkıştırılamayacağını yazmıştı. Birçok bilim insanı da Einstein'ın bu desteksiz iddiasını paylaşmıştı. Diğer yandan, bu iddialara inanmayanların başında, daha sonra kara delik hikâyemizde önemli rol oynayacak Amerikalı fizikçi John Wheeler geliyordu. 1950'ler ve 60'larda yaptığı çalışmalarda birçok yıldızın sonunda çökeceğini öne sürdü ve bununla ilgili kuramsal fizik problemlerine dikkat çekti. Ayrıca, çöken yıldızlardan geriye kalan nesnelerin –kara deliklerin– özelliklerini inceleyen çalışmalar yaptı.

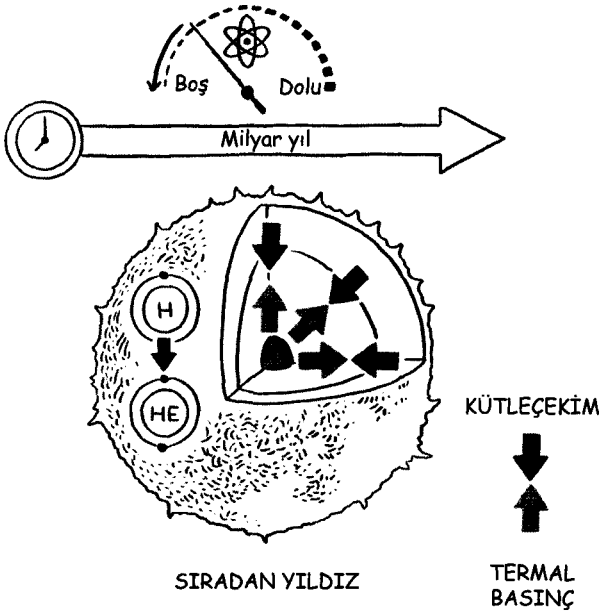
DS: 'Kara delik' terimi ilk bakışta basit geliyor ama uzayda böyle bir delik hayal etmek oldukça zor. Bir delikten dönerek aşağı akan suyu hayal edin. Deliğin kenarına –olay ufku denilen yere– ulaşan bir dal parçası için geri dönüş yoktur. Kara delikler çok güçlü oldukları için, olay ufkuna erişen ışık bile kaçamaz, kara deliğe düşer; bu yüzden onları göremeyiz. Ancak bilim insanları kara deliklerin var olduklarını bilirler çünkü uzayda titreşim yayarlar. Geçenlerde büyük bir bilimsel başarı olarak kaydedilen kütleçekim dalgaları böyle iki kara deliğin bir milyar yıl önce çarpışmalarında yaratılmıştı.

Sıradan bir yıldız, ömrünün hemen hemen tamamında, milyarlarca yıl boyunca kendi kütleçekimini termal basıncıyla dengeler. Bu termal basınç da hidrojenin helyuma çevrilmesine yol açan nükleer süreçlerin sonucudur.

DS: NASA yıldızları basınç üreticileri olarak adlandırıyor. Yıldızların içlerindeki patlayıcı nükleer füzyon [kaynaşma] kuvveti, kütleçekimin her şeyi içeri doğru çeken etkisine zıt yönde dışa doğru bir basınç yaratır.

Ancak sonunda yıldız nükleer yakıtını tüketir ve büzüşmeye başlar. Bazı durumlarda yıldız bir 'beyaz cüce' olarak varlığını sürdürmeye devam edebilir. Ama Subrahmanyam

Chandrasekhar'ın 1930'da gösterdiği gibi bir beyaz cücenin kütlesi en fazla güneşin 1,4 katı olabilir. Başka bir maksimum kütle değeri Sovyet fizikçisi Lev Landau tarafından nötron yıldızları için hesaplanmıştır.



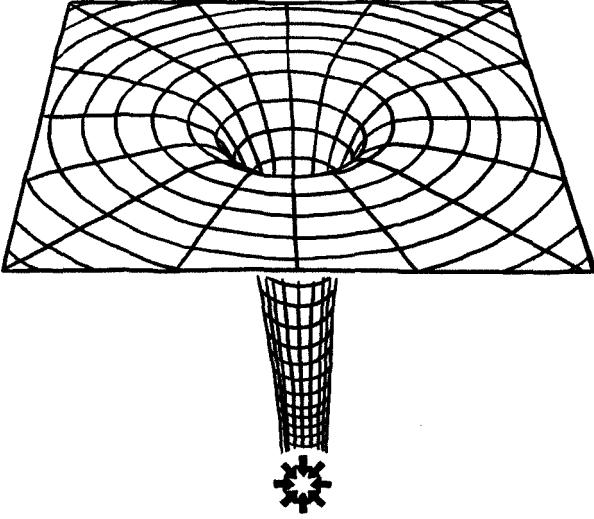
DS: Beyaz cüceler ve nötron yıldızları bir zamanlar güneş gibiydiler; ama zamanla bütün yakıtlarını tükettiler. Onları dışa doğru genişleten hiçbir kuvvet kalmayınca kütleçekimleri nedeniyle içeri çöktüler ve böylece

evrendeki en yoğun maddelerden oldular. Ancak bu tip yıldızlar evrendeki yıldız sıralamasında göreceli olarak küçük kalırlar ve kütleçekim kuvvetleri onları tamamen içe çökertmekte yetersiz kalır. Dolayısıyla Stephen Hawking ve diğerleri, çok büyük yıldızlara ömürlerinin sonuna geldiklerinde neler olduğuyla ilgilenirler.

Öyleyse yakıtlarını tükettiklerinde, kütleleri beyaz cüce ya da nötron yıldızlarından fazla olan bu sayısız yıldızın başlarına neler gelecektir? Bu problem daha sonra atom bombası projesiyle ünlenen Robert Oppenheimer tarafından incelenmişti. 1939'da George Volkoff ve Hartland Snyder'la birlikte yazdıkları makalede Robert Oppenheimer böyle bir yıldızın dışa doğru basınçla desteklenemeyeceğini ve eğer basıncı hesaplamalardan çıkartırsanız, küresel simetriye sahip bir yıldızın sonsuz yoğunluktaki bir noktaya çökeceğini gösterdi. Böyle bir noktaya tekillik denir.

DS: Tekillik, dev bir yıldızın hayal edilemeyecek kadar küçük bir noktaya sıkıştırılması sonucu ortaya çıkan şeydir. Bu kavram Stephen Hawking'in kariyerinde önemli bir rol oynamıştır. Sadece bir yıldızın sonunu belirtmekle kalmaz, tüm evrenin yapısı hakkında bir başlangıç noktası fikrini de gündeme getirir. Hawking'in tekillikler üzerine mate-

matiksel çalışması kendisine dünya çapında bir ün kazandırmıştır.



Uzay üzerine tüm kuramlarımız, uzayzamanın düzgün ve neredeyse düz olduğu varsayımına dayanır. Bu yüzden uzayzamanın sonsuz eğrilikte olduğu tekillikte bu kuramlar çöker. Aslında, tekillik zamanın kendisinin de son bulduğu noktadır. Einstein'ın tekilliklerle ilgili uygunsuz bulduğu şey de budur.

DS: Einstein'ın Genel Görelilik Kuramı nesnelerin etraflarındaki uzayzamanı büküklerini söyler. Bir trampren üzerindeki ağır

gölleyi düşünün. Güllenin ağırlığı yüzünden bükülen trampelen üzerindeki küçük cisimler gülleye doğru düşerler. Bu örnek, kütleçekim etkisinin nasıl işlediğini açıklamaktadır. Ancak eğrilik gittikçe daha derinleşir ve sonunda sonsuz eğriliğe ulaşırsa, artık uzayzamanın bildik kuralları işlemez olur.

Sonra İkinci Dünya Savaşı araya girdi. Robert Oppenheimer dahil bilim insanlarının çoğu nükleer fiziğe odaklandılar ve kütleçekimsel içe çöküş büyük oranda unutuldu. Konuya olan ilgi atarcaların [kuasar] keşfedilmesiyle tekrar canlandı.

DS: Atarcalar evrendeki en parlak ve muhtemelen bugüne kadar gözlemlenen en uzak nesnelerdir. Atarca ismi 'yıldızimsı radyo kaynakları' teriminden gelir ve kara deliklerin etrafında dönen madde diskleri oldukları varsayılır.

3C273 ismi verilen ilk atarca 1963 yılında keşfedildi. Peşinden daha pek çok sayıda atarca keşfedildi. Olağanüstü uzakta olmalarına karşın çok parlaktılar. Enerjileri nükleer süreçlerle açıklanamazdı çünkü durgun kütleleri bu enerjiyi ortaya çıkarmaya yetmiyordu. Tek seçenek kütleçekimsel çöküşle elde edilen kütleçekim enerjisiydi. Böylelikle yıldızların

* Quasar: quasi-stellar radio sources –çn.

kütleçekimsel çöküşleri tekrar keşfedilmiş oldu.

Düzgün dağılmış bir küresel yıldızın sonsuz yoğunluktaki bir tekillığe büzüleceği zaten bilinmekteydi. Einstein denklemleri tekilliklerde çalışmazlar. Bunun anlamı, bu sonsuz yoğunluk noktasında geleceği görmenin olanaksız oluşudur; dolayısıyla böyle bir yıldız çöktüğünde çok acayip bir şey meydana gelebilir. Eğer tekillikler çıplak olsalardı, diğer bir deyişle dışardan korunmuş olmasalardı, öngörülerimizin kaybolmasından etkilenmezdik.

DS: "Çıplak" bir tekillik, yıldızın çöktüğü ancak olay ufkunun onun etrafını sarmadığı, dolayısıyla tekilliğin görünür olduğu kuramsal bir senaryodur.

John Wheeler'ın 1967 yılında ortaya attığı 'kara delik' terimi, daha önceden bu tip yıldızlar için kullanılan 'donmuş yıldız' teriminin yerini aldı. Wheeler'ın adlandırması, nasıl meydana geldiklerinden bağımsız olarak çökmüş yıldızların kalıntılarının kendi başlarına incelenmeye değer nesneler olduklarına vurgu yapıyordu. Karanlık ve gizemli bir şeyleri çağrıştıran bu yeni isim kısa zamanda benimsendi. Ancak Fransızlar, Fransız olduklarından, bu isimde sakınca gördüler. Kara deliğin Fransızca karşılığı olan "trou noir" teriminin müsteh-

cen çağrışımları vardı. Ama bu itiraz, başka bir Frangiliz uydurma olan *le weekend** sözcüğüne yapılan itiraz gibi kısa ömürlü oldu. Sonunda pes ettiler. Böyle bir şampiyon karşısında kim direnebilir ki?

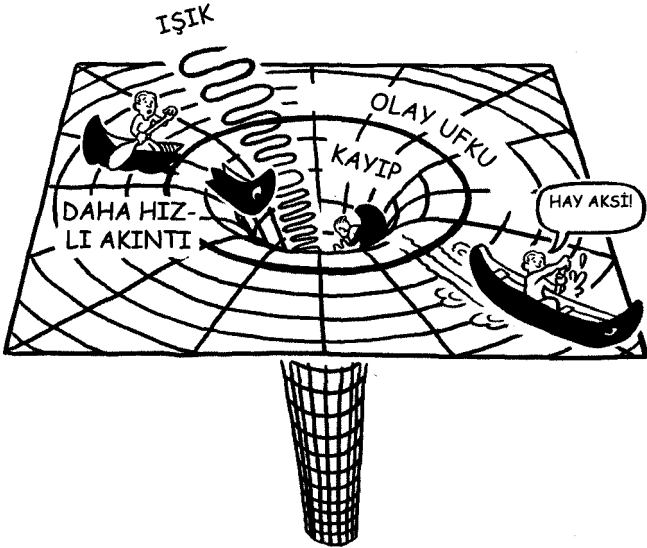


Dışarıdan bakıldığında, kara deliğin içinde ne olduğunu bilemezsiniz. İçine televizyon setleri, elmas yüzükler hatta düşmanlarınızı atabilirsiniz ama kara deliğin tek hatırlayabildiği toplam kütle, dönme durumu ve elektrik yükü olacaktır. John Wheeler bu ilkeyi 'kara deliğin saçı yoktur' ifadesiyle anlatır. Fransızlar için şüphelerini doğrulayan bir ifade.

* Haftasonu -çn.

Kara deliğin olay ufku adı verilen bir sınırı vardır. Bu sınır, ışığın kütleçekim kuvvetinden kaçamayacağı bölgeyi belirler. Hiçbir şey ışıktan daha hızlı gidemeyeceği için de, olay ufku her şeyin içeri çekildiği sınırdır. Olay ufkundan içeri düşmek, Niagara Şelalesinde kanoyla gitmeye benzer. Çok hızlı kürek çekerseniz kaçma şansınız vardır ama şelalenin kenarına kadar gitmişseniz artık kaçamazsınız. Bir noktadan sonra geriye dönüş yoktur. Şelalenin kenarına yaklaştıkça akıntı hızlanır, kanonun ucundaki suyun hızı arkasındaki sudan daha fazlalaşır. Kanonun parçalanma tehlikesi de vardır. Kara deliklerle olan şey de aynıdır. Eğer kara deliğe önce ayaklarınızla girerseniz, kütleçekim ayaklarınızı kafanızdan daha fazla çeker; çünkü ayaklarınız kara deliğe daha yakındır. Sonuçta uzunluğuna çekilir, enlemesine sıkıştırılırsınız. Eğer güneşimizinkinden birkaç kat fazla kütleyle sahip bir kara delik söz konusuysa, olay ufkuna erişmeden spagetti makarna gibi uzayarak parçalanırsınız. Öte yandan, güneşin kütesinden milyonlarca kat fazla kütleyle sahip bir kara deliğe doğru düşerseniz, herhangi bir sorun yaşamadan olay ufkuna erişirsiniz. Dolayısıyla, eğer bir kara deliğin içini araştırmak istiyorsanız, büyük birini seçmeniz iyi olur. Samanyolu galaksimizin merkezinde, kütlesi güneşimizin dört milyon katı olan bir kara delik bulunmaktadır.

DS: Bilim insanları, fiilen bütün galaksilerin merkezlerinde dev kara delikler bulunduğuna inanıyorlar. Bu varsayımlar yakın zamanlarda tek tek kanıtlanmaya başladı.



Kara deliğe düşerken herhangi bir şey fark etmediğiniz gibi, sizi dışarıdan izleyen bir gözlemci de olay ufku geçtiğinizi hiç bir zaman göremez. Gözlemcinin tek gördüğü sizin giderek yavaşladığınız ve olay ufku kenarında asılı kaldığınızdır. Görüntünüz giderek sönükleşir, sonunda tamamen silikleşir. Dışardaki gözlemci için, olay ufku geçmeden sonsuza kadar kaybolursunuz.

DS: Kara delikten ışık kaçamadığı için, uzaktaki bir gözlemcinin birinin kara deliğe düştüğünü görme şansı yoktur. Uzayda kimsenin sizin bağırdığınızı duymadığı gibi, kimse de sizin kara deliğe düştüğünüzü göremez.

Bu gizemli olgunun anlaşılmasında çok önemli bir katkı 1970'teki bir matematiksel buluşla geldi. Buluş, olay ufku yüzey alanının kara deliğin içine düşen madde ve ışınlama birlikte arttığını ortaya koyuyordu. Böylelikle bu özellik sayesinde, kara deliğin olay ufkunun yüzey alanı ile klasik Newtoncu fizik, daha doğrusu termodinamikteki entropi kavramı arasında bir ilişki olduğu saptanmış oldu. Entropi bir sistemdeki düzensizliğin ölçüsü ya da sistemin tam kesin durumu hakkındaki bilgi eksikliği olarak ele alınabilir. Termodinamiğin ünlü İkinci Yasasına göre entropi zamanla sürekli artar. 1970'teki buluş bu ilişki üzerine olan ilk ipucuydu.

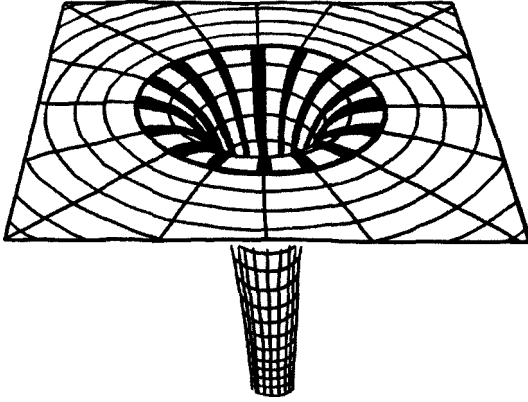
DS: Entropi, bir düzeni olan her şeyin zaman geçtikçe daha düzensiz olacağı anlamına gelir. Örneğin bir duvar oluşturmak için dizilmiş tuğlalar (düşük entropi), çok zaman sonra dağılmış bir toz yığınına (yüksek entropi) dönüşür. Bu süreç Termodinamiğin İkinci Yasası tarafından betimlenir.

Entropi ile olay ufkunun yüzey alanı arasındaki ilişkinin varlığı biliniyordu ancak, bu alanın kara deliğin entropisi olarak nasıl ifade edileceği çok açık değildi. Bir kara deliğin entropisi ne demektir? Bu konuda belirleyici katkı Princeton Üniversitesinde doktora öğrencisi olan (daha sonra Kudüs'teki Hebrew Üniversitesine geçti) Jacob Bekenstein'dan geldi. Buna göre, kara delik kütleçekimsel bir çöküşle ortaya çıktığında sadece üç özelliğe sahip olur: kütlesi, açısal momentumu (dönme durumu) ve elektrik yükü. Bu üç özellik dışında kara delik kendisini oluşturan nesne hakkında başka hiç bir bilgi taşımaz.

Bu teoremin, kozmologların anladığı anlamda bilgi için içerimleri bulunur: evrendeki her parçacığın ve her kuvvetin evet-hayır sorusuna örtük bir yanıtının bulunduğu fikri.

DS: Bu bağlamda bilgi, her parçacığın ve kuvvetin her özelliğinin bir nesneyle bağlantılı olduğu anlamına gelir. Bir şey daha düzensiz olursa –yüksek entropi– onu betimlemek için daha çok bilgiye ihtiyaç duyulur. Fizikçi ve TV programcısı olan Jim Al-Khalili'nin dediği gibi, iyi karıştırılmış bir deste oyun kağıdı, az karıştırılmış desteye göre daha yüksek entropiye sahiptir ve dolayısıyla bu destenin betimlemesi daha fazla açıklamaya, daha fazla bilgiye ihtiyaç duyar.

OLAY UFKU



KÜTLE

AÇISAL
MOMENTUMELEKTRİK
YÜKÜ

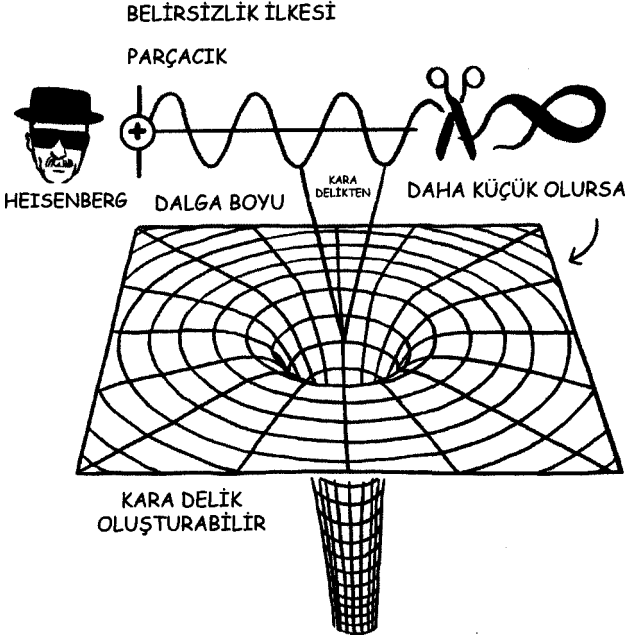
Bekenstein'in teoremi, büyük miktarda bilginin kütleçekimsel çöküşle birlikte kaybolduğu sonucuna yol açar. Örneğin son kara delik durumu, çöken nesnenin madde ya da karşımadde olmasından ya da küresel bir simetriye sahip olup olmamasından bağımsızdır. Diğer bir deyişle, belli bir kütle, açısal momentuma ve elektrik yüküne sahip bir kara deliğin, farklı düzenlenimlere sahip büyük miktarlarda herhangi bir maddeden, farklı tipteki yıldızlardan vs oluşması olasıdır. Aslında eğer kuantum etkileri bir kenara bırakılırsa, potansiyel düzenlenim sayısı sonsuz olur; çünkü bir kara delik, belirsiz küçük kütlelere sahip sonsuz sayıda parçacık öbeğinin çökmesinden oluşabilir. Ama gerçekten düzenlenim sayısı

sonsuz olabilir mi? İşte bu noktada kuantum etkileri devreye girer.

Kuantum mekaniğindeki belirsizlik ilkesine göre, ancak kara deliğin kendisinden daha küçük dalga boylarına sahip parçacıklar bir kara delik oluşturabilir. Dolayısıyla olası dalga boyları sayısında bir sınır vardır, bunlar sonsuz sayıda olamaz.

DS: Ünlü Alman fizikçi Werner Heisenberg tarafından 1920'lerde ortaya atılan belirsizlik ilkesi, temel parçacıkların konumunu tam bir kesinlikle belirleyemeyeceğimizi söyler. Newton'ın düzenli evreninden çok farklı olarak, kuantum boyutlarda doğada bir bulanıklık vardır.

Bu nedenle, belli bir kütle, açısal momentum ve elektrik yüküne sahip kara delik oluşturacak farklı düzenlenimlerin sayısı, çok büyük miktarlarda olsa da sonsuz değildir. Jacob Bekenstein, bu sonlu sayıda düzenlenimden kara deliğin entropisini hesaplamanın olanaklı olduğunu gösterdi. Ortaya çıkan, çöküş sonucu kara delik oluşurken kaybolacak bilgi miktarının ölçüsüydü.



Ancak Bekenstein'in önerisinin çok önemli bir sorunu vardı: eğer kara deliğin entropisi olay ufkunun yüzey alanıyla orantılıysa, bu durumda kara deliğin yüzey kütleçekimine orantılı sonlu bir sıcaklığı olmalıydı. Bu da, kara deliğin sıfırdan farklı bir sıcaklığa sahip olarak, termal ışınlama ile dengede olabileceği olasılığını içeriyordu. Oysa klasik anlayışa göre böyle bir denge söz konusu olamazdı çünkü kara delik termal ışınlama dahil, üzerine düşen her türlü ışınlama soğurmak durumundaydı

ve dışarıya hiçbir şey yayınlayamazdı. Ne ısı ne de herhangi bir şey yayınlayabilirdi.

DS: Eğer bilgi kayboluyorsa, ki kara deliklerin içinde böyle oluyor gibi görünüyor, o zaman bir tür enerji salınımı olmalıydı. Ama bu da hiçbir şeyin kara deliklerden kaçamayacağı şeklindeki kuramla çelişiyordu.

Bu bir paradokstur. Gelecek derste bu paradoksa geri döneceğiz ve kara deliklerin incelenmesinin, evrenin öngörülebilmesiyle ve tarihin belirlenmiş olmasıyla ilgili en temel öngörülere nasıl meydan okuduğunu göreceğiz. Ayrıca bir kara deliğe düştüğünüzde ne olacağını da araştıracağız.

DS: Stephen Hawking bizi bilimsel bir geziye çıkardı. Einstein'ın yıldızların çökemeyeceğine ilişkin iddiasından, kara deliklerin gerçek olduğuna doğru giden bu gezide çarpışan kuramlar, bu garip özelliklerin nasıl var olduğunu ve işlediğini anlatıyor.

2. Ders

KARA DELİKLER O KADAR DA KARA DEĞİLLER

Yayın tarihi: 2 Şubat 2016



Önceki derslerimde önemli bir problemde kalmıştık: yıldızların çökmesi sonucu oluşan ve inanılmaz yoğunluktaki nesneler olan kara deliklerle ilgili bir paradoks söz konusuydu. Bir kurama göre özdeş özelliklere sahip kara delikler sonsuz sayıda farklı türde yıldızdan meydana gelebilirler. Diğer bir kuramsa, farklı türden olası yıldız sayısının sonlu olması gerektiğini söyler. Bu aslında bir bilgi problemi- dir. Evrendeki her parçacığın ve her kuvvetin evet-hayır sorusuna örtük bir yanıtı olduğu fikrine dayanan bir problemidir.

John Wheeler'ın ifadesiyle 'kara deliklerin saçı olmadığı' için, dışarıdaki bir gözlemci kara deliğin içinde ne olduğunu söyleyemez. Tek bilinebilenler kara deliğin kütlesi, açısız momentumu ve elektrik yüküdür. Dolayısıyla olağanüstü miktarlarda bilgi, kara deliğin içinde dış dünyadan gizlenmiş durumdadır. Eğer kara deliğin içindeki dış dünyadan gizlenmiş bilgi miktarı, kara deliğin boyutlarıyla orantılıysa, o zaman kara deliğin bir sıcaklığı olmalıdır ve sıcak bir metal parçası gibi ışılda- malıdır. Oysa bu olanaksızdır çünkü herkesin

bildiği gibi hiçbir şey kara delikten dışarı çıkmaz. Ya da öyle sanılıyordu.

Bu paradoks, 1974 yılı başlarına kadar devam etti. O zamanlar ben bir kara deliğin yakınlardaki maddenin kuantum mekaniğine göre nasıl davrandığını araştırıyordum.

DS: Kuantum mekaniği olağanüstü küçük boyutların bilimidir ve en küçük parçacıkların davranışını inceler. Bunlar, gezegenler gibi büyük cisimlerin hareketlerini betimleyen ve ilk kez Isaac Newton tarafından ortaya atılan yasalara uygun davranmazlar. Çok büyük nesneleri incelerken çok küçüklerin bilimini kullanmak Stephen Hawking'in öncü çalışmasıydı.

Büyük bir sürpriz olarak, kara deliklerin düzenli bir sıklıkta parçacık yayınladıklarını keşfettim. O zamanlarda herkes gibi ben de, kara deliklerin hiçbir şey yayınlamayacakları kanaatini paylaşıyordum. O nedenle bu can sıkıcı etkiden kurtulmak için çok uğraştım. Ama ne kadar çok uğraşırsam, etki yok olmamakta o kadar ısrarcı oldu. Öyle ki, sonunda bu olguyu kabul etmek zorunda kaldım. Aslında beni bunun tamamen fiziksel gerçek bir süreç olmasına ikna eden şey, yayınlanan parçacıkların dalga boylarının termal dalga boyları olmasıydı. Hesaplamalarım, kara deliklerin tıpkı sıcak

bir cisim gibi parçacık yarattıklarını ve ışıının yayınladıklarını gösteriyordu. Ayrıca kara deliğin sıcaklığı da yüzey kütleçekimine doğru orantılı ve kütlesiyle ters orantılıydı.

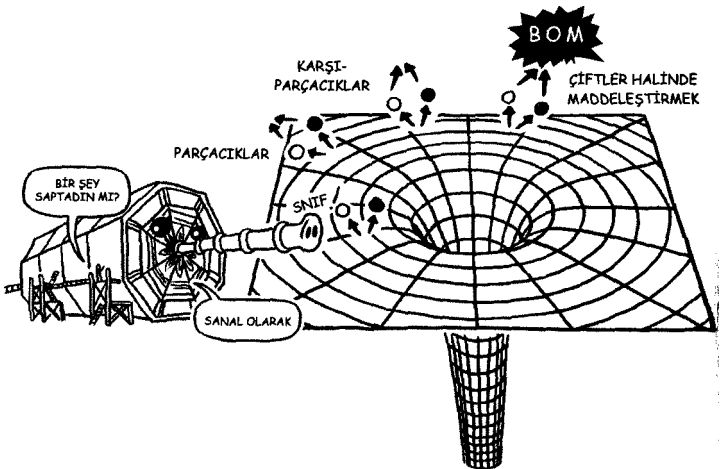
DS: Bu hesaplamalar ilk kez kara deliğin çıkmaz bir sokağa doğru giden son durum olmayabileceğini ortaya koydu. Doğal olarak kuramın öngördüğü bu yayılım, Hawking Işınımı olarak adlandırıldı.

O zamandan beri, kara deliklerin termal ışıının yaptıklarına ilişkin matematiksel kanıtlar çok sayıda bilim insanı tarafından çeşitli açılardan ortaya kondu. Bu ışıınımı anlamanın bir yolu şudur: kuantum mekaniğine göre bütün uzay, sanal parçacık ve karşı-parçacık çiftleriyle doludur. Bunlar sürekli olarak çiftler halinde maddeleşirler, ayrılırlar ve sonra tekrar bir araya gelerek birbirlerini yok ederler.

DS: Bu kavram, boşluğun [vakumun] hiçbir zaman tamamen boş olmadığı fikriyle ilişkilidir. Kuantum mekaniğindeki belirsizlik ilkesine göre, çok kısa bir süre için olsa da, parçacıkların kendiliğinden var olma olasılıkları vardır. Var olma ve yok olma olayları her zaman karşıt özelliklere sahip parçacık çiftleriyle gerçekleşir.

Bu parçacıklar sanal parçacık olarak adlandırılırlar, çünkü gerçek parçacıkların ak-

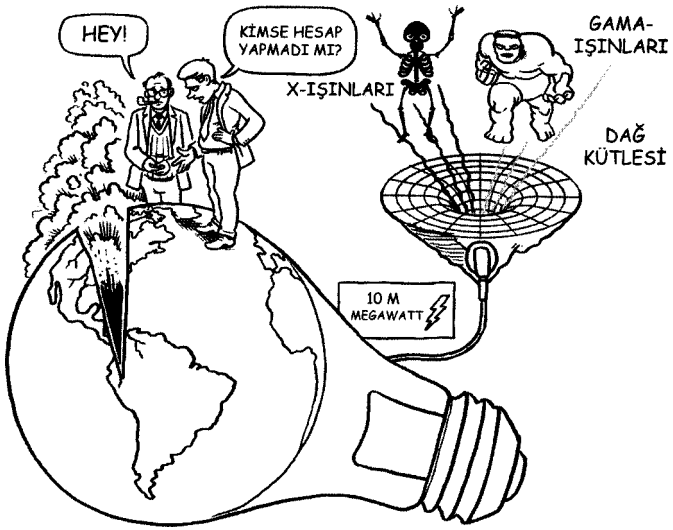
sine, dedektörde doğrudan gözlemlenemezler. Öte yandan, bunların dolaylı etkileri ölçülebilir ve varlıkları, uyarılmış hidrojen atomundan yayınlanan ışık tayfında gözlenen Lamb kayması dediğimiz bir kayma sayesinde doğrulanır. Şimdi, bir kara deliğin yakınındaki böyle bir sanal parçacık çiftinin içindeki parçacıklardan birinin deliğe düşüp, diğerininse dışarıda kaldığı bir durumu düşünün. Bu durumda birbirlerini yok edemezler. Dışarıda kalan parçacık ya da karşı-parçacık da daha sonra kara deliğe düşebilir, ama belki de sonsuza kadar ondan kaçabilir. İşte bu son durumda, sanki kara delikten yayılan bir ışınım gibi görünür.



DS: Buradaki anahtar mesele şudur: sanal parçacıkların oluşumu ve ortadan yok oluşları normalde fark edilmeden gerçekleşir. Ama eğer kara deliğin tam kenarında gerçekleşirse çiftteki parçacıklardan biri deliğin içine çekilirken diğeri kaçabilir. Kara delikten kaçan parçacık da sanki kara delikten yayınlanmış gibi gözükür.

Güneşimizin kütesine sahip bir kara deliğin parçacık yayınlaması o kadar seyrek olur ki, böyle bir süreci saptamak olanaksızdır. Ancak, çok daha küçük kütleli –örneğin bir dağın kütesi kadar– ‘mini’ kara delikler var olabilir. Böyle bir dağ kütesine sahip kara deliğin yayınlacağı X-ışını ve gama ışınları yaklaşık on milyon megawatt olur ki, bu da tüm dünyanın elektrik ihtiyacını karşılayabilir. Ama küçük bir kara delikle baş etmek kolay değildir. Onu bir güç üretim merkezine yerleştiremezsiniz, çünkü tabanı delip geçerek dünyanın merkezine yerleşir. Böyle bir kara deliğe sahip olsaydık, onu koyacağımız en emin yer, uzayda dünya etrafındaki bir yörünge olurdu.

İnsanlar böyle mini kara delikler aradılar ama şimdiye kadar bulamadılar. Şanssızlık, çünkü eğer bulsalar bir Nobel Ödülü alabilirdim! Diğer yandan, başka bir olasılık da, ekstra uzayzaman boyutlarında mikro kara delikler yaratmaktır.



DS: Bu 'ek boyutlar' hepimizin gündelik hayatta alışık olduğu üç boyut ve artı zaman boyutunun ötesinde bir şeye gönderme yapıyor. Ek boyutlar fikrine olan ihtiyaç, kütleçekimin neden manyetizma gibi diğer kuvvetlere göre çok daha zayıf olduğunu açıklamak için ortaya atılmıştı ve belki de paralel boyutlarda iş görmesi bekleniyor.

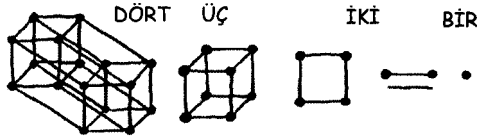
Bazı kuramlara göre deneyimlediğimiz evren, on ya da on bir boyutlu uzayın sadece yüzeyindeki dört boyuttur. *Yıldızlararası* filmi*

* Bkz. *Yıldızlararası Bilimi*, Alfa Bilim Dizisi; <https://keremcankocak.blogspot.com/2014/11/yldzlararas-filminin-bilimsel-arkaplan.html> -çn.

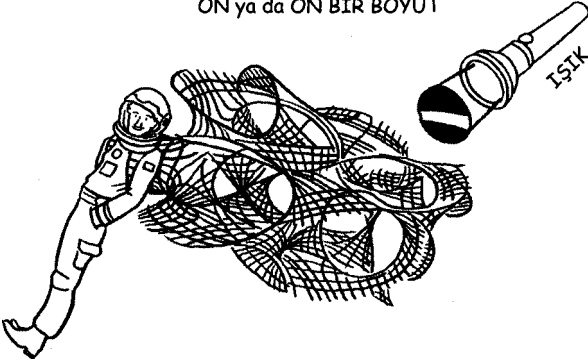
bunun nasıl olabileceği hakkında bir fikir verir. Bu ek boyutları göremeyiz çünkü ışık bunlar arasında yayılmaz, sadece evrenimizin dört boyutu arasında yol alır. Öte yandan kütleçekim kuvveti ek boyutları etkiler ve oralarda, evrenimizdekinden çok daha fazla büyüktür. Bu nedenle de küçük bir kara deliğin ek boyutlarda oluşması çok daha kolaydır. İsviçre'deki CERN laboratuvarında bulunan LHC [Büyük Hadron Çarpıştırıcısı] hızlandırıcısında bu küçük kara deliklerin gözlemlenme olasılıkları bulunmaktadır. LHC hızlandırıcısı 27 km uzunluğunda dairesel bir tünel içine kurulmuştur. İki parçacık demeti, birbirlerine zıt yönde bu tünelin içinde yol alırlar ve bazı noktalarda çarpışırlar. Bu çarpışmalar mikro kara delikler yaratabilir. Eğer bu gerçekleşirse, ortaya çıkan ikincil parçacıklar kolaylıkla saptanabilir ve ben sonunda Nobel Ödülü alabilirim!

DS: Fizik Nobel Ödülü bir kuram 'zamanla sınırsa' veriliyor; bu da pratik olarak kuramın kesin kanıtlarla doğrulanması demek oluyor. Örneğin Peter Higgs 1960'larda, diğer parçacıklara kütle veren bir parçacığı ortaya atan bilim insanlarından biriydi. Yaklaşık elli yıl sonra, Büyük Hadron Çarpıştırıcısındaki [LHC] iki farklı dedektör bu Higgs Bozonunu saptadılar. Büyük bir bilim ve teknoloji başarısıydı bu, doğru kuram ve kesin kanıt

galip gelmişti. Sonuçta Peter Higgs ve Belçikalı bilim insanı François Englert ödülü paylaştılar. Henüz Hawking ışıını için fiziksel bir kanıt yok ve bazı fizikçiler bunu saptamanın çok zor olacağını öne sürüyorlar. Yine de, kara delikleri daha detaylıca incelemeye devam ettikçe bir gün bu kuram da doğrulanabilir.



ON ya da ON BİR BOYUT



Parçacıklar kara delikten kaçtıkça, kara delik kütle kaybeder ve büzülür. Bu da parçacık yayınlanma hızını artırır. Sonunda kara delik bütün kütlesini kaybederek yok olur. Peki kara deliğe düşen parçacıklara ve şanssız astro-

notlara ne olur? Kara delik yok olunca bunlar tekrar beliremezler. Öyle gözüküyor ki, toplam kütle miktarı, dönme miktarı ve elektrik yükü dışında kara deliğe düşen bütün bilgi kaybolmuştur. Ama eğer bilgi gerçekten kaybolmuşsa, bu durum bilimsel anlayışımızı kalbinden vuran ciddi bir problem doğurur.

İki yüzyıldan uzun zaman önce bilimsel belirlenimciliğe inanıyorduk; buna göre evrenin evrimi bilimsel yasalar tarafından belirleniyordu. Pierre-Simon Laplace tarafından formüle edilen bu ilkeye göre, eğer evrenin herhangi bir zamandaki durumunu bilirsek, bilimsel yasalar bize evrenin gelecekte ya da geçmişte herhangi bir zamandaki durumunu verir. Napoléon'un Laplace'a bu kuramda Tanrı'nın yerinin neresi olduğunu sorduğu ve Laplace'ın yanıt olarak "Efendim, böyle bir varsayıma ihtiyaç duymuyorum" dediği söylenir. Laplace'ın Tanrı'nın var olmadığını öne sürdüğünü zannetmiyorum; bence burada Tanrı'nın bilimsel yasaları ihlal ederek evrene müdahale etmediğini söylemek istemiştir. Her bilim insanının yaklaşımı böyle olmalıdır. Bir bilimsel yasa eğer sadece doğaüstü bir varlık izin verdiği sürece geçerliyse o zaman gerçek bir bilimsel yasa olmaz.

Laplace'ın belirlenimciliğinde, geleceği öngörmek için belli bir zamanda bütün parçacık-

ların konumlarını ve hızlarını bilmek yeterlidir. Ama biz aynı zamanda Walter Heisenberg'in* 1923'te ortaya attığı ve kuantum mekaniğinin temellerinden biri olan belirsizlik ilkesini de hesaba katmak durumundayız.

Belirsizlik ilkesine göre, parçacıkların konumunu ne kadar hassaslıkla bilerseniz, hızları o kadar kesinlikten uzaklaşır ve aynı şey hız ile konumu yer değiştirirseniz de geçerlidir. Diğer bir deyişle, konum ve hızı aynı anda tam kesinlikle bilemezsiniz. Öyleyse geleceği ne kadar kesinlikle öngörebiliriz? Yanıt şurada yatar: her ne kadar konum ve hızları ayrı ayrı öngöremesek de, 'kuantum durumu' adı verilen şey öngörülebilir. Bu kuantum durumundan, belli bir hassaslık derecesiyle konum ve hızlar hesaplanabilir. Eğer belli bir zamanda evrenin kuantum durumunu bilirsek, bilimsel yasalar bize gelecekte bir zamandaki evrenin kuantum durumunu verirler; bu anlamda evrenin belirlenimci olması gerektiğini bekleyebiliriz.

DS: Kara deliklerin olay ufkunda neler meydana geldiğine ilişkin açıklamalar, bilim felsefesiyle ilgili derin bir tartışmaya doğru ilerledi: Newton'ın düzenli evreninden Lap-

* Hawking burada şaka yaparak *Breaking Bad* isimli TV dizisine göndermede bulunuyor. Asıl kastettiği elbette Alman fizikçi Werner Heisenberg -çn.

lace yasalarına ve Heisenberg belirsizlik yasalarına. Kara deliklerin gizemi bütün bunlara meydan okuyor. Özellikle, Einstein'ın Genel Görelilik Kuramına göre kara deliğe giren bilginin kaybolmasına karşın, kuantum mekaniğine göre bilginin yok olamayacağı problemi.

Eğer kara deliklerde bilgi kayboluyorsa, geleceği öngöremeyiz; çünkü kara delik herhangi bir parçacık dizisi yayınlayabilir. Böyle egzotik yayın olasılığı çok düşük de olsa, kara delik çalışır durumda bir TV cihazı ya da Shakespeare'in deri ciltli tüm eserlerini yayınlayabilir. Kara delikten neyin çıktığı hakkında öngöründe bulunmamızın bir anlamı kalmaz gibi görünüyor.



Eğer belirlenimcilik ya da evrenin öngörülebilirliği kara deliklerde ortadan kalkıyorsa, diğer durumlarda da aynısı olabilir. Daha da kötüsü, eğer belirlenimcilik yok olursa, geçmiş tarihimiz hakkında da emin olamayız. Ne olduğumuzu geçmişimiz söyler; o olmadan kimliğimizi kaybederiz.

O nedenle, kara deliklerde bilgi gerçekten kayboluyor mu yoksa en azından ilkesel olarak geri kazanılabiliyor mu tartışması çok hayati bir tartışmadır. Birçok bilim insanı bilginin kaybolmayacağını düşünüyor ama hiç kimse bilginin hangi mekanizmayla korunabildiğini de açıklayamıyor. Karşılıklı argümanlar yıllardır ortaya atılıp duruyor. Sonunda yanıtı bulduğumu düşünüyorum. Yanıt, Richard Feynman'ın tek bir geçmiş yerine, her biri belli bir olasılığa sahip olası birçok olası geçmiş olması fikrine dayanıyor. Söz konusu bu durumda, iki tür geçmiş var. Birinde, içine parçacıkların düşebildiği bir kara delik var; diğesinde kara delik yok.

Mesele, dışarıdan bir gözlemcinin kara delik olup olmadığından emin olamamasıyla ilgili. Her zaman, bir kara deliğin var olmama olasılığı var. Bu olasılık bilgiyi korumak için yeterli, ama bilgi alışıldık biçimde geri dönmeyiz. Bu tıpkı bir ansiklopediyi yakmaya benzer. Ansiklopediyi yaktıktan sonra bütün külle-

ri ve dumanı saklarsanız bilgi yok olmaz, ama okuması çok zordur. Bilim insanı Kip Thorne ve ben, başka bir fizikçiyle, John Preskill'le kara deliklerde bilginin kaybolacağına ilişkin iddiaya girdik. Sonra, bilginin nasıl saklanabileceğini keşfedince iddiayı kaybettigimi kabul ettim ve John Preskill'e bir ansiklopedi hediye ettim. Belki de ona ansiklopedinin küllerini göndermeliydim.

DS: Tamamen belirlenimci bir evren görüşüne sahip bir kurama göre, eğer ansiklopedideki mürekkebi ve kağıtları oluşturan moleküllerin içlerindeki her bir atomun konumunu ve özelliklerini bilerseniz, yakılmış ansiklopediyi tekrar eski haline geri getirebilirsiniz.

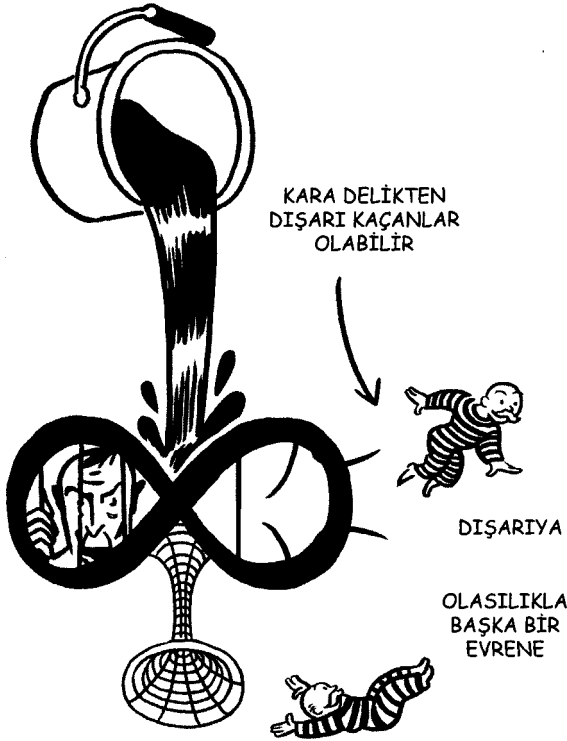
Şu anda Cambridge'ten iş arkadaşım Malcolm Perry ve Harvard'dan Andrew Strominger'la, süper-öteleme adı verilen matematiksel bir fikre dayanan ve bilginin kara delikten geri kazanılma mekanizmasını verebilecek bir kuram üzerinde uğraşıyoruz. Kuramımıza göre, bilgi kara deliğin olay ufkunun üzerine kodlanmış durumda. Bu uzaya dikkat edin!

DS: Reith dersleri kaydedildikten kısa süre sonra Profesör Hawking ve iş arkadaşları, bilginin olay ufkunda saklanabileceğine iliş-

kin matematiksel bir makale yayımladılar. Bu kurama göre bilgi süper-öteleme denen bir süreçle iki boyutlu holograma aktarılıyor. Bu derslerin sonunda görselinin yer aldığı 'Kara Deliklerin Yumuşak Saçları' başlıklı makaleleri, alanın ezoterik dilini yansıtırken, aynı zamanda da bilim insanlarının konuyu anlatırken karşılaştıkları zorluğu gösteriyor.

Bu bize bir kara deliğe düşüp başka bir evrenden çıkmamız hakkında ne söylüyor? Kara delikli ve kara deliksiz alternatif geçmişlerin varlığı bunun olasılık dahilinde olduğunu ortaya koyuyor. Yeterince geniş bir dönen kara delik, başka bir evrene geçit olabilir. Ama bu durumda tekrar kendi evreninize geri dönemezsiniz. Uzay uçuşlarını çok sevdiğim halde, böyle bir şeyi denemem.

DS: Eğer bir kara delik dönüyorsa, o zaman merkezinde sonsuz yoğunlukta bir nokta anlamında tekillik olmayabilir. Onun yerine, halka şeklinde bir tekillik olabilir ve bu da hem kara deliğe düşme hem de kara delik içinden geçerek yolculuk etme konusunda spekülasyonlara yol açar. Bu, bildiğimiz evreni terk etme anlamına gelir ki, Stephen Hawking kışkırtıcı bir sonuca varıyor: diğer yanda başka bir şey olabilir.



Burada vurgulamak istediğim şudur: kara delikler tamamen kara değildir. Daha önce zannedildiği gibi bunlar ebedi hapishaneler değildir. Kara deliklerden bir şeyler kaçabilir, hem bu evrene hem de belli bir olasılıkla başka bir evrene. O zaman eğer bir kara deliğin içindeyseniz umutsuzluğa kapılmayın, dışarı çıkış olanaklıdır!

2016 yılının BBC Reith derslerinde Stephen Hawking, bütün bir ömür süren araştırmalarını on beş dakika içinde aktarma gibi gerçekten zorlu bir meydan okumayı kabul etti. Bu çok kısa süren derslerde Hawking, evrenin gizemlerini ortaya sererken, kara delikleri anladığımız takdirde uzayzamanın sırlarına erişebileceğimizi vurguluyor.

“Kozmolojinin karmaşıklığını herkesin anlayacağı yalın bir açıklıkla ortaya seriyor.”

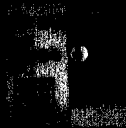
“Böyle büyük problemleri araştıran bir dehâyı izlemek heyecan verici.”

“Einstein’dan bu yana en büyük bilimsel zekâ.”

“Büyük Patlamanın ve evrenin başlangıcının tutarlı ve akla uygun bir kuramının oluşması için Einstein’dan bu yana en fazla katkısı sunuyor.”

“Hawking, Tanrı’nın zihnini okumaya en yakın birkaç kuramsal fizikçiden birisi.”

“Dahi, özgün, trajik ve şampiyon... Hawking bize Aristoteles’ten Kopernik’e, Galileo ve Newton’dan Einstein’a ve Hawking’in kendisine kadar kozmolojinin evrimini gösteriyor.”



ALFA

ISBN 978-605-171-551-3



9

786051715513

ALFA

www.alfakitap.com f /alfakitap t /alfakitap @ /alfakitap