

YANLIŞ BİLİNEN VE BİLİNMEYEN YÖNLERİYLE KARADELİKLER

Bilmeyenin çekiciliğinden kaynaklanıyor olsa gerek, karadelikler son yıllarda insanlığın ilgi odağı. Akıl almaz yoğunlukları, büyük çekim güçleri, içlerinde bildiğimiz fizik kurallarının geçerliliğini yitirdiği merkezleri, insanlığın genlerine işlemiş o korku gereksinmesini yeterince karşılayacak özellikler. Bu nedenle bilim kurgu fantezilerinin başrol oyuncularını. Bu kudretli cisimlerle ilgili yeni bulgular önümüzdeki aylarda vereceğimiz yeni bir yazının konusu. Bu sayıdaysa, karadeliklerin ne oldukları değil, ne olmadıklarını anlatmaya çalıştık.

Daha birkaç yıl önce, bir laboratuvarında güçlü parçacık hızlandırıcılarıyla yapılan deneylerde ortaya çıkacak bir karadeliğin tüm gezegenimizi yutacağı yolunda bir gazete tarafından ortaya atılan iddia, büyük yankılar uyandırmış, sözkonusu laboratuvarın yöneticilerinin halkın korkusunu yatıştırmak için resmi bir açıklama yapma gereğini duymalarına yol açmıştı. Karadelikler yalnızca sokaktaki adamın değil, giderek gökbilimin, kozmolojinin de ilgi odağı haline geldi. Nedeni, karadelikler, nötron yıldızları gibi maddenin olağanüstü yoğunluktaki biçimlerinin, doğa kuvvetlerinin etkileşimleriyle özellikleri konusunda bilgilerimizi artırma—ya da değiştirme—potansiyelleri. Bu nedenle yoğun X-ışını yayan bu gök cisimlerinin incelenmesi için özel teleskoplar, uzay

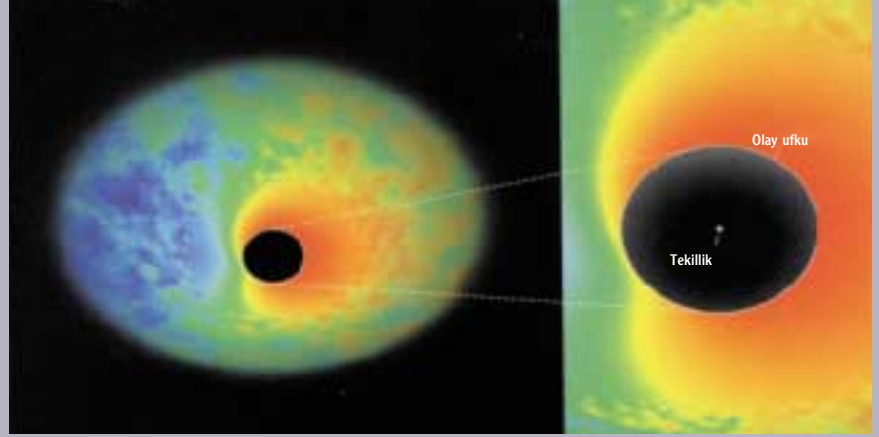
sondaları geliştiriliyor. Bu araçlar sayesinde karadelikler konusuundaki bilgi birikimimizde bir patlama yaşanıyor.

Bu gizemli gök cisimleri konusunda bilgilerimiz geliştikçe de bunların sanıldığı kadar korkunç canavarlar olmadıkları, bunlarla ilgili genellemelerimizin çoğunlukla yanlış olduğu ortaya çıkıyor. Bu yeni bulgular, karadeliklere yakıştırılan "büyük elektrik süpürgeleri" imajının yanlış olduğunu ortaya koyuyor. Sinema ve televizyon filmlerinde canlandırıldığına aksine bunlar uzayda dev girdaplar ya da huniler değil. Ayrıca bu delikler, sanıldığı gibi varlıklarını sonsuza dek sürdürmeyecekler. Karadeliklerin tümü kara değil. Hatta delik bile değil!.

Bir zamanlar karadelikler Einstein'ın akıl gücünün bir ürünü; onun geliştirdiği başarılı kuramı genel göreliliğin getirdiği bir zorunluluktur. İlk kez,

atom bombasının babası olarak da tanınan Amerikalı fizikçi J. Robert Oppenheimer tarafından 1939 yılında ortaya atılan bu esrarengiz gök cisimlerine 1967 yıllarında popüler adlarını veren, gene bir Amerikalı fizikçi, Princeton'dan John Wheeler. Bir zamanlar varlıklarına kuşkuyla bakılan, gökbilimden, kozmolojiden daha çok bilimkurguda bahsi geçen karadelikler, bugünse neredeyse evrenin en sıradan demirbaşları arasında. Bir kere evreni dolduran yüz milyardan fazla gökadanın çoğunun merkezinde dev kütleli karadelikler olduğu düşünülüyor. Varlıklarının kanıtı, yakınlarında dolanan yıldızların olağanüstü hızları ve güçlü kütleçekimlerinin pençesine düşmüş gaz ve toz bulutlarının, yutulmadan önce döndükleri disk içinde yaydıkları güçlü X-ışınları. Bu dev karadeliklerin kütleleri, birkaç milyon ile birkaç mil-

yar Güneş kütlesi arasında değişiyor. Örneğin, kendi gökadamız Samanyolu'nun merkezinde 3 milyon Güneş kütlesinde bir karadelik bulunduğu sanılıyor. Virgo gökadar kümesinin merkezindeki dev eliptik gökada M87'nin merkezindeyse, daha büyük bir canavar; 3 milyar Güneş kütlesinde. Bir de tabii, yıldız kökenli karadelikler var. Bunlar 8 Güneş kütlesinden büyük yıldızların kısa ömürlerinin sonlarında, dış katmanlarının süpernova patlamalarıyla uzaya saçılıp, merkezlerinin de kendi üzerlerine çökmesiyle oluşuyor. Bu tür yıldız kökenli karadeliklerin kütleleri, 3 ile 50 Güneş kütlesi arasında değişiyor. Son yıllarda 10,000-100,000 Güneş kütlesinde olan "orta siklet" karadelikler de gökbilim envanterine girmiş bulunuyor. Yeni bir model de, nötron yıldızlarının gene Einstein'ın bir öngörüsünü gerçekleştirerek, kütleçekim dalgaları yayıp birleşmeleri sonucu oluşan karadelikler. Nihayet, ünlü İngiliz fizikçi Stephen Hawking'in varlığını öne sürdüğü mini karadelikler. Bunların, evreni yaratan Büyük Patlama'nın ilk anlarında, çok sıcak ve yoğun parçacık-ışınım plazması içindeki küçük yoğunluk farklarından oluştuğu düşünülüyor. Kuramcılara göre bunların kütleleri de gramın kesirlerinden, büyük bir gezegenin kütlesine kadar değişebiliyor. Ancak ister dev kütleli, ister cüce, karadelikler, kuramsal varlıklar. Adlarının da açıkladığı gibi doğrudan görülebilmeleri olanaksız. Nedeni, ışığı da hapsedmeleri. İyi ama, ışık kütleli fotonlarda oluştuğuna göre nasıl oluyor da kütleçekim tarafından etkileniyor. Yanıt, Einstein'ın kütleçekim betimlemesinde yatıyor. Genel göreliliğe göre kütleçekimi, maddenin büktüğü uzay-zamandan başka bir şey değil. Bir başka deyişle kütlesi olan her cisim, uzay-zamanı, kauçuktan yapılmış gergin bir çarşafın üzerine konan bir karpuzun yaptığı gibi çukurlaştırıyor. Fotonlar da bu çukurun geometrisini izlediklerinden kütleçekiminden etkileniyorlar. Karadelikler çok yoğun, çok ağır kütleli olduklarından, uzay zaman dokusunu, dipsiz bir kuyu gibi çukurlaştırıyorlar. Dolayısıyla ışık da karadelik yakınlığında kritik bir eşikten içeriye adım attığında bir daha geri çıkamıyor. Bu nedenle, karadelikler gözle ya da teles-



Yutmaya hazırlandığı bir gaz ve toz bulutu içindeki karadelinin bilgisayarca oluşturulmuş resmi. Çevresinde dönen gaz, bize doğru gelirken kısa mavi dalgaboylarına kayıyor; uzaklaşırsa, daha sıcak renklerdeki uzun dalgaboylarına kayıyor. Karadelinin gerçek resmini çekebilmek içinse Hubble teleskopunun çapını 100 000 kat artırarak 240 kilometreye çıkarmak gerekiyor. Karadelinin resmini X-ışın teleskoplarından oluşacak bir uydusu da interferometri yöntemiyle çekebilir. Ancak bunun için de uyduların konumlarındaki oynamanın 20 nanometreyi geçmemesi gerekiyor!

kopla görülebilecek cisimler değil. Dolayısıyla fizikte aramaya alışık olduğumuz görsel kanıtlar da, bu cisimler için söz konusu değil. Bunun içindir ki, gökada merkezlerindeki canavarlar ya da uzaydaki küçük delikler, teknik olarak "karadelik adayı" olarak adlandırılıyorlar. Çevresindeki etkisi ölçülebilen bir kütleçekim kaynağı ancak çok dar bir alandan kaynaklandığında bunun karadelikten başka bir şey olamayacağını çıkartabiliyorsunuz.

Işığın bile içine düştükten sonra bir daha dışarıya kaçamayacağı bu eşığe, bir başka deyişle, bir karadelik ile evrenin geri kalan bölümü arasındaki sınıra, karadelinin "olay ufku" deniyor. Ancak bu, maddeden oluşan bir sınır değil. Nasıl ki Dünyamızın küresel haritalarında görmeye alışık olduğumuz meridyenler ve paraleller gerçekte yoksa, olay ufku da merkezinden uzaklığı karadelinin kütesince belirlenen küremsi biçimli hayali bir kabuk. Karadelinin bi-

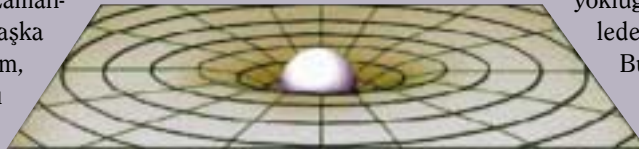
çimi de, kaynağının tarihiyle yakından ilgili. Eğer karadeligi oluşturan kütle, çöküp böylesine akıl almaz bir yoğunluğa sıkışmadan önce dönme hareketi yapmayan hareketsiz bir cisim idiyse, karadelinin kütlesi merkezinde bir noktada toplanır. Oysa yıldızlar olsun, dev gaz ve toz bulutları olsun, bunlar genellikle dönme hareketi yapan cisimlerdir. Bu nedenle, fizikteki açısal momentumun korunması yasası uyarınca, dönme hareketlerini de karadeliğe aktarırlar. Bu durumda da kaynağın kütlesi, karadelinin merkeziyle olay ufku arasında bir halka biçimi alır.

Karadelikleri anlamamızın güçlüğü, bir kere herşeyden önce adlarından kaynaklanıyor. Oysa yukarıda da belirtildiği gibi bunların ille kara olması gerekmediği gibi delik de sayılmazlar. "Kara", genel olarak rengin mutlak yokluğunu ifade etmek için kullanılan bir kavram. Karadeliklerin "karası" ise, ışığın ya da herhangi başka bir ışınımın yokluğu anlamına geliyor. Büyük kütleli delikler, aslında tarife uyabilir.

Bunlar oldukça kara. Ancak daha küçükleri, enerji yayabiliyor.

1974 yılında Hawking, artık kendisinin adıyla anılan sürecin, yani "Hawking ışınımının" mekanizmasını açıkladı. Bu süreç, karadelinin kütlesini hem ışınımına, hem de delik yakınlardan uzaya saçılan parçalara dönüştürmesini kapsıyor. Hawking, bu süreç sonunda küçük karadeliklerin "buharlaştığını" ve giderek daha parlak hale geldiklerini açıkladı.

Karadeliklerin, erişimleri sınırsız olmasa da yakınlardaki maddeyi yutan



cisimler oldukları biliniyor. Kanıtı, bu maddelerin yutulmadan önce kapıldıkları kütle aktarım diski içinde ışık hızına yakın hızlar kazanıp birbirlerine sürtünüp ısınarak yaydıkları güçlü X-ışınları. Peki ama dışarıdan maddeyle beslenen bir cismin kütle kazanması gerekmez mi? Nasıl oluyor da bu cisimler "buharlaşıp" küçülüyorlar ve sonunda yok oluyorlar? Bilimle biraz ilgili herkesin karadeliğler konusunda iyi kötü bir fikri, bilgisi var. Ama çoğu kişinin yanıtlamakta güçlük çektiği sorun işte bu.

Hawking bu mekanizmayı şöyle açıklıyor: Uzayın her yerinde her an, parçacık çiftleri boşluktan, kendiliklerinden ortaya çıkar. Çok kısa süre için varlıklarını sürdürebilen bu parçacıklar, daha sonra birbirlerini yok ederler. Bu parçacıklar, bedenlerimizde, hücrelerimizde, bunları meydana getiren atomların, hatta daha küçük parçacıkların içindeki boşluklarda da ortaya çıkıp çıkıp kaybolurlar. Bu "sanal parçacıklar", büyük parçacık hızlandırıcılarda dolaylı yoldan gözlenebiliyorlar.



Gerçek bir parçacık, birbirlerini yok edmeden bu sanal parçacık çiftlerinden birine çarpacak olursa bunları birbirinden ayırıyor ve böylece yok olmaktan kurtulan sanal parçacıklar da gerçek parçacık haline geliyorlar. Karadeliğler gibi çok büyük kütleçekim alanlarına sahip yoğun cisimlerin yakınındaki uzay, bu sanal parçacık oluşumunun özellikle yoğun olduğu bölgeler. Aynı şekilde buralarda da sanal parçacıkları gerçek parçacıklara dönüştüren bir süreç işliyor. Eğer bu sanal çift içindeki parçacıklardan biri, olay ufkuyla eşinden daha yakınsa, üzerine karadeliğin muazzam kütleçekimince uygulanan kuvvet, daha uzak-

taki eşinin üzerindeki kuvvetten kat kat fazla olacaktır. Bu kuvvet öylesine büyük ki, ters yönlü parçacıkları birbirinden koparıp bunları sanal parçacık haline dönüştürüyor. Karadeliğler için geliştirilen bilgisayar simülasyonlarında gerçek parçacıklara dönüşen bu çiftten, olay ufkuyla yakın olanı, deliğe düşüyor. Uzak olanıysa, gerçeklik kazandığı andaki hızı yeterince büyük olabildiği için karadeliğe yakalanmadan kaçabiliyor.

İyi, ama bu yolla karadeliğ gene de kütle kazanmıyor mu? Nihayet küçük de olsa, gerçeklik kazanmış sanal parçacıklardan biri delik içine düşüp kütlelerini artırmıyor mu? Karadeliğin kazandığı ve kaybettiği kütleleri topladığınızda bunun böyle olmadığını görüyorsunuz. Sanal parçacıkları gerçek parçacıklar haline gelen kütleçekim enerjisi, karadeliğ içindeki kütleden geliyor. Sanal parçacıkları birbirinden koparan kütleçekim enerjisine dönüşen kütle miktarı, Einstein'ın ünlü kütle-enerji eşlenikliği formülüne göre, $E = (2m)c^2$. Burada $2m$, yeni gerçek-

Statik Karadeliğ

Rastlanma olasılığı düşük, elektrik yükü taşımayan, idealize edilmiş, dönme hareketi olmayan en basit karadeliğ modeli. Bu kesitte ilginç duraklar şunlar:

Foton Küresi: Bu yüzey karadeliğe yaklaşan bir ışığın izleyebileceği kararsız yörüngelerin oluşturduğu varsayılan hayali bir yüzey. Karadeliğin merkezinden 1.5 Schwarzschild yarıçapı (tekillik ile olay ufku arasındaki mesafe) uzaklıkta yer alıyor. Burada karadeliğin etrafında yörüngede kalabilmek için hızınızın ışık hızına eşit olması gerekiyor! Ama ışıkların yörüngesi kararsız. Nedeni, bu çok dar bir alan, ışığa eninde sonunda başka bir ışık çarpıyor ve yörüngesini bozuyor. Işık ya uzaya geri kaçıyor, ya da deliğe düşüyor.

Olay Ufku: Geçildiğinde ışık dahil hiçbir şeyin bir daha dışarı çıkamayacağı hayali bir sınır. Schwarzschild yarıçapı da deniyor. Olay ufku, karadeliğin kütlelerine göre değişiyor. 10 Güneş kütlelerindeki bir karadeliğin olay ufku, merkezden yalnızca 16 km uzaklıkta. Olay ufkunu geçtikten sonra arkanıza baktığınızda siz dışarıyı görebilirsiniz. Çünkü ışığın girmesi serbest. Ancak dışarıdaki bir gözlemci sizi göremez. Çünkü bu bilgiyi ulaştıracak olan ışık bile dışarı çıkamaz.

Tekillik: Karadeliğin merkezinde sonsuz yoğunlukta nokta. Aslında merkezde böyle bir nokta yok. Yalnızca uzay zamanın sonsuz eğriliğe büküldüğü bir kütleçekim kuyusu. Bir tür dipsiz kuyu. Kuyunun içinde ne olduğu, bilinen fizik kuralları sonsuzluklarla başemediğinden yalnızca bir spekülasyon konusu. Kimi başka evrenlere yol olarak görüyor (tabii sağ kalmak koşuluyla).

Elektrik Yüklü Karadeliğ

Foton Küresi: Elektrik yükü taşıyan karadeliğlerin foton küreleri de, statik karadeliğlerinki gibi. Burası, ışığın kararsız da olsa yörüngede kalabileceği son nokta. Daha ileri gidildiği takdirde yörüngede kalabilmek için ışık hızından daha büyük bir hız gerekir ki böyle bir hız yok.

Olay Ufukları: Bir karadeliğe küçük bir elektrik yükü katıldığında olay ufku daralıyor ve tekilliğin hemen dışında ikinci bir ufuk oluşuyor. Karadeliğ daha fazla elektrik yükü kazandıkça dıştaki ufuk daralıyor, içtekiyse genişliyor. Eğer yükün büyüklüğü, kütlelerinininkine eşit olursa (ki bunun için 10^{30} gibi inanılmaz bir büyüklük gerekiyor) olay ufukları birleşiyor. Yükün değeri kütleyle geçerse, ufuklar ortadan kalkıyor ve "çıplak tekillik" ortaya çıkıyor. Bir karadeliğ en az üç Güneş kütlelerinde. Bir Güneş kütleliyse yaklaşık 6 trilyon kere katrilyon ton. Bu kadar bir elektrik yükünü biriktirmek olanaksız gibi bir şey. Ayrıca, böylesine güçlü bir yükü olan bir cisim, çevresindeki atomları parçalayıp yüklerini alarak kendini nötrale etmek ister. Dolayısıyla gerçekleşse bile bu durum kararsız olur.

Tekillik: Statik karadeliğle aynı. Bir fark, çıplak tekilliğin statik olarak mümkün olması.

Dönen Karadeliğ

Ters yönlü foton küresi

Uyumlu yönde foton küresi

Dış ufuk

Tekillik

İç ufuk

ergosfer

Yıldızların çoğu yavaşlarken boyunca kendi çevrelerinde döndüklerinden, oluşturdukları karadeliğler de çöküş sırasında imzelenmiş bu hareketi miras alarak dönerler. Bilim adamlarına göre karadeliğlerin çoğu, kütlelerinin %99.8'i kadar bir hızla dönerler.

Foton Küresi: Karadeliğlerde iki tane bulunması, karadeliğin dönerken yakın çevresindeki uzayı da birlikte sürüklemesi. Bu kürelerden biri (içteki) karadeliğle aynı yönde döner yani daha hızlı maddenin oturacağı kararsız yörüngeli, ötekise karadeliğin hareketinin tersi yönünde gelen maddenin (dolayısıyla daha yavaş) dönebileceği kararsız yörüngeliyi temsil ediyor.

Ergosfer: Burası dönen karadeliğlere özgü bir bölge. Dış ufukunun üzerinde elipsoid (üç boyutlu elips) biçiminde hayali bir yapı. Özellikle, içine giren hiçbir şeyin, ışığın bile düz gidemeyip dönme yönünde bükülmesi. Ancak olay ufukunun aksine bu bölgeye giriş çıkış serbest.

Olay Ufukları: Bunlardan da iki tane var. Herhangi bir olay ufkunu geçince zamanla uzay yer değiştiriyor ve merkezdeki tekillik, uzayda değil, zamanda bir nokta oluyor. Yani zamanın akışına paralel olarak kaçınılmaz olarak içine düşüyorsunuz. Oysa yüklü ve dönen karadeliğlerde çift olay ufku olması bunu önüyor. İlk olay ufkunu geçtiğinizde tersine dönen uzay-zaman, ikincisini geçtiğinizde yeniden eski haline geliyor. Merkezdeki tekillik gene "uzayda" bir nokta haline alıyor ve siz ile ona yakalanmayabiliyorsunuz.

Tekillik: Dönen karadeliğkte de bir nokta değil, bir halka. Bu halka tekilliğin özelliği de kütleçekiminin itici olması. Bu tekilliğe ulaşmanın tek yolu, ekvator düzleminde girebilmek. Bunun dışındaki her rota, açının dönme eksenine yakınlığıyla doğru orantıda artan bir şiddetle dışarı savuruyor. Halka tekilliğe üstten bakarsanız içinde üç farklı türde ışıkta oluşan halkaların olduğu bir yuvarlak pencere biçiminde görüyorsunuz. Bu ışıklardan biri, dışarıdaki evrenin deliğe düşmüş ışığı. İkincisi, delik içinde tekillik yakınında oluşan parçacıklardan kaynaklanan ışık, üçüncüsüyse, delik içinde ne kadar başka evren görülebilirse, onlardan gelen ışık. Halkaya ekvatorun baktığınızdaysa, çizgi gibi bir şey görebileceksiniz.

lik kazanmış iki parçacığın toplam külesi. Bu kütleçekimsel enerji, olay ufkundan dışarıya çıkararak iki gerçek parçacık yaratırken, karadelinin külesini de 2m kadar azaltıyor. Bu parçacıklardan bir tanesi olay ufkunun içine çekildiği zaman, karadelik kütle kazanıyor; ama yalnızca m kadar, yani kaybettiği kütlelerin yarısı kadar. Sonuçta karadelik, kendisinden kaçan parçacığın külesine eşit miktarda net kütle kaybına uğrar. Çok uzaktan bakıldığında küçük karadelikler, madde ve elektromanyetik ışınım yayınlıyor gibi görünür. Oysa bu ışınım, olay ufkunun dışından kaynaklanır. O halde tüm karadelikler kara değil...

Bir karadelik bu yolla kütle kaybettikçe, olay ufku giderek merkezine yaklaşır. Einstein'ın denklemlerine göre, olay ufku daraldıkça, karadelinin külesi azaldığı halde "buharlaşıma" oranı da artar. Bu durumda her karadelinin, sonunda "şiddetli bir Hawking ışınımı" yayarak yok olması gerekiyor.

Gökbilimciler, şimdi kuramın kesin kanıtı olarak gökte bu türden patlamaları belirlemeye çalışıyorlar. Eğer böyle patlamalara rastlarsa, bunlar evrenin ilk anlarında ortaya çıkmış karadeliklerin sonunu haber veriyor olacaklar. Daha önce bu ilk karadeliklerin külelerinin, gramın kesirleriyle Dünya külesi arasında değişebildiğini görmüştük. Hesaplar, bunların en küçüklerinin bir milyar yıl içinde yok olacaklarını gösteriyor. Yani bunlar çoktan ortadan kalkmış olmalı. Kütleleri yaklaşık bir dağın kadar olanların ömrü ise 14 milyar yıl. Evrenin yaşı da bu kadar olduğuna göre astronomların aradıkları patlamalar bunlara ait olmalı. Güneş külesinde olanların, yani yıldız kökenli karadeliklerin sonunu ise ancak bizden çok farklı gök gözlemcileri görebilir. Çünkü bunların buharlaşma süreleri 10^{62} yıl. Gökadaların merkezlerindeki dev kütleli karadeliklerin sonuysa, milyonlarca ya da milyarlarca kez daha uzakta.

Peki karadelikler gerçekten delik mi? Bunu yanıtlamak için deliğin ne

anlama geldiğine bakmak lazım. Sözlükteki bir tanıma göre delik, katı bir kütle içinde boş bir alan; bir kovuk. Pek çok kimse zihinlerinde karadelikleri buna uyan biçimde, yani uzay içinde bir oyuk, bir boşluk biçiminde canlandırıyorlar. Oysa karadelikler boş değil. İçeri son derece yoğun maddeyle tıka basa dolu. İçine –eğer başarabilirseniz– parmağınızı sokup sağa sola oynatabileceğiniz bir delik değil.

Bir anlamıyla da delik, bir şey içinde uzanan bir yol, bir geçit. Bazılarımız da karadelikleri bu anlamda algılayıp, evrenin değişik bölgelerini birleştiren, içinde ışık hızının kat kat ötesinde hızlarla zaman içinde ileriye ya da geriye yolculuk yapılabilecek koridorlar olarak düşünüyorlar. Einstein'ın denklemleri bu konuda kesin bir şey söylemiyorsa da, bilim adamları bu bilimkurgusal "kurt deliği" modelinin geçerli olmadığı görüşü üzerinde birleşiyorlar.

Peki ama, gene de karadelikler, popüler bazı anlatımlara göre bildiğimiz, tanıdığımız fizik kurallarının geçerli olduğu evrenin dışında bölgeler değil mi? Uzay-zamanın dokusu içinde boşluklar değil mi bunlar? Pek öyle sayılmaz; karadelikler, evrenin tümüyle dışında değiller. Evrenin geri kalan bölümüyle üç yolla "haberleşme" içinde bulunuyorlar. Birincisi kütleçekim yoluyla. Bir karadelik içindeki kütle, karadelik olmadan önce yakındaki bir cisim üzerinde ne ölçüde kütleçekim uyguluyorsa, karadelik olduktan sonra da aynı ölçüde çekim uygular. İkincisi, dönüş hızı, ya da açısal momentumu, kendisini oluşturan maddenin karadelik haline gelmeden önceki dönüş hızından farklı değildir. Sıkça kullanılan bir benzetmeyi tekrarlayacak olursak, kendi çevresinde dönen bir buz patencisinin hızı, kollarını vücudunda kavuşturduğunda nasıl artarsa, bir yıldız da merkezi çökerken aynı biçimde artan bir dönüş hızı kazanır. Ancak karadelik oluşuncaya kadar artan bu hız, daha sonra sabit kalır. Bu dönme, karadelik çevresindeki uzayı Einstein'ın öngördüğü biçimde büker. Daha doğrusu yıldızın etrafına "sasar". Üçüncüsü, bir karadelinin içindeki maddenin taşıdığı net elektrik yükü, (içindeki pozitif ve negatif yükler arasındaki fark), kütlelerin karadelik içine düşmeden önceki yükü gibi etkisini olay ufkunun



Kaptanın Seyir Defteri...

Bir milyon Güneş kütleli bir kara deliğin içine düştüğümüzde ne görürüz? Ufkun dışında bizi boşuna bekleyecek olan uzay gemisini görürüz. Çünkü bizim görüntümüz ya da veda mesajlarımız onlara ulaşamayacak olsa da (ışık dahil olay ufkunun içine düşen hiçbir şey geri çıkamaz) dışarıdan herhangi bir şey girmesine yasak yok. Belki dışarıdaki manzarayı biraz yadırgayacağız. Çünkü karadelinin külesi, gelen ışık demetlerini bükecek. Kütleçekiminin etkilerini, ancak tekillige 600 000 km yaklaştığımızda duymaya başlayacağız. Ayağlarımız daha büyük bir kuvvetle çekilmeye başlayacak. Kendimizi uzuyor gibi hissedeceğiz. Son anımız, parçalanmak üzere olduğumuz. Çünkü başından sonuna bu süreç fazla uzun değil. Uzay gemisi, karadelinin yarıçapının 10 katı uzaklıkta durmuştu. Yani karadelinin merkezine 30 milyon, olay ufkunaysa 27 milyon kilometre uzakta. İnceleme ekibinin buradan olay ufkunun içine girmesi 8 dakika sürdü. Ufuk çizgisinden tekillige varış ise yalnızca yedi saniye. Çünkü ufuktan tekillige düşme süresi, karadelinin külesine orantılı olarak artıyor. Daha küçük bir karadelige, örneğin Güneş kütleli birine yaklaşacak olsaydık, daha 6000 kilometre uzaktayken, yani olay 10-20 km yarıçaplı olay ufkuna daha yaklaşmadan bile kütleçekimce parçalanacaktık.

Uzaklardan ekibi seyreden gemi, felaketi çok sonra anlayabilecek. Çünkü gemiden bakıldığında ekip karadelinin olay ufkuna yaklaştıkça giderek yavaşlıyor gibi görünecek. Ekip tekillige düşüp yokolduktan sonra bile keşif gemisi hala olay ufkuna varamamış gibi görünecek. Sonsuz kadar beklense bile. Nedeni, Einstein'ın kütleçekim kuralında saklı.

Bu kurama göre madde uzay zamanı, bir çarşaf üzerindeki ağır bir top gibi eğriltir. Karadelikler çok büyük kütleli cisimler olduklarından, uzay-zamanda oluşturdukları çukurlar da bir dipsiz kuyuyu andırıyor. İçeri düşen bir ışık fotonu bile, karşı duvara ulaşıp eğriyi tırmanarak yeniden düze ulaşmıyor. Einstein'ın gösterdiği gibi uzayla zaman aslında aynı şey olduklarından kütle zamanı da bükmüş oluyor. Bu nedenle bizim için zaman daha yavaş geçerken, uzaktaki arkadaşlarımız için daha hızlı akıyor. O nedenle bizim (normal zamanda) yaptığımız eylem, gemidekiler tarafından çok yavaş yapılmış gibi algılanıyor.



dışında duyurur. Demek ki, karadelikler, aslında delik değil.

Karadeliklerle ilgili bir başka yanılgı da, bunları uzayda önlerine çıkan herşeyi silip süpüren kozmik elektrik süpürgeleri olarak algılamak. Oysa karadelikler, içlerine madde çekmekte, karadeliğe dönüşmeden önceki hallerine göre daha başarısız. Bunun iki nedeni var: Birincisi, yıldız kökenli karadelikler o kadar küçüktürler ki, bir seferinde içlerine çekebilecekleri maddenin miktarı çok sınırlıdır. Örneğin 10 Güneş kütleindeki bir karadeliğin olay ufku, merkezinden yalnızca 15-16 km uzakta olur. Oysa 10 Güneş kütleindeki yıldızın yarıçapı 30-35 milyon km kadardır. Dolayısıyla bir karadelik, örneğin bir ikili yıldız sistemi içindeki eşinden gaz çalabilir. An-



cak bir tahliye deliğinden boşalan su gibi, bu gaz karadeliğe emilmeden çevresinde yıllarca döner durur.

İkincisi, karadelikler yalnızca kütleçekimleri sayesinde madde kazanabi-

lirler. Oysa aynı kütlede bir yıldız başka etkilerden yararlanarak da madde kazanabilir. Örneğin, bir yıldızın doğru yol alan ve rotası yıldızın merkezine 1500 km kadar yaklaşan bir kuyruklu yıldız düşünün. Kuyruklu yıldız eğer o kadar yaklaşabilirse, daha yıldızla çarpmadan taşıdığı gazlar yıldızın yaydığı muazzam ısı nedeniyle buharlaşırken, kaya ve metalden oluşmuş çekirdek de yıldızın dış katmanlarına girdiğinde buharlaşacaktır. Şimdi de aynı kuyruklu yıldızın, aynı rotayı izleyerek, gene 10 Güneş kütleindeki bir karadeliğe yaklaştığını varsayalım. Karadeliğin kuyruklu yıldız üzerindeki kütleçekim etkisi, aynı kütledeki yıldızın uygulayacağı etkiyle aynı düzeyde olacaktır. Ancak, yıldız kökenli bir karadeliğin yaydığı "Hawking ışınımı", bir yıldızdan yayılan ışınım ile karşılaştırılmayacak kadar küçük olduğundan, karadelik yaklaşan kuyruklu yıldızı buharlaştırmayacak. Ayrıca delik o kadar küçük ki, kuyruklu yıldızın en yakın geçişi, olay ufkundan 1465 km uzakta olacak. Bu uzaklıkta karadeliğin etkisi, aynı kütlede başka bir cisimin uygulayacağı etkiyle aynı olacak. Kuyruklu yıldız, karadeliğin yanından geçtikten sonra, güçlü kütleçekiminin etkisiyle rotasını değiştirecek ve başka bir yönde yolculuğunu sürdürecektir. Olsa olsa, eğer kütleçekimi yeterince güçlüyse, kuyruklu yıldızın çekirdeği birkaç parçaya bölünebilecek. Milyarlarca Güneş kütleindeki dev karadeliklerin de çoğunlukla evren üzerinde uyguladıkları etki kütleçekimiyle sınırlı. Çünkü gökbilimciler, bu cisimlerin çevresinde içeri düşmeden dolaşan yıldız ve gaz bulutları belirlemiş bulunuyorlar.

Gerçi az önce söz edildiği gibi karadelikler çevrelerindeki uzayı büküp sa-

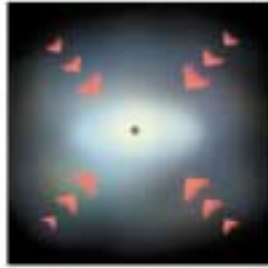
Karadeliklerin Büyüme Yolları

Büyük Patlama Sonrası Gaz Topağının Çökmesi

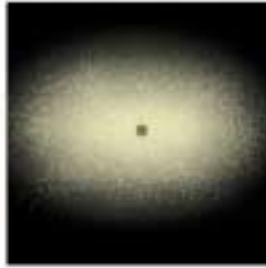
1. Büyük Patlama sonrası gaz bulutları "çekirdek" karadeliğinin üzerine çöker.



2. Yağan gaz deliğe kütle kazandırır ve yıldızları oluşturur.



3. Çöküş dev bir eliptik gökade yaratır. Karadeliğinin büyümesi durur.



Gökada Çarpışmaları

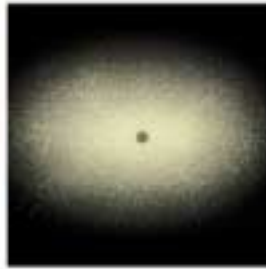
1. Merkezlerinde karadelik bulunan iki sarmal gökade birbirine yaklaşıyor.



2. Gökadalar çarpışıyor ve merkezleri karadeliklerle birlikte birleşmeye başlıyor.

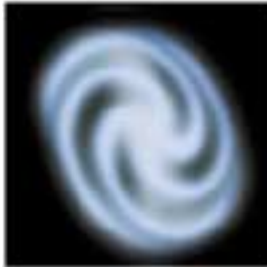


3. Birleşme sonunda, merkezinde daha büyük bir karadelik bulunan dev bir eliptik gökade oluşuyor.

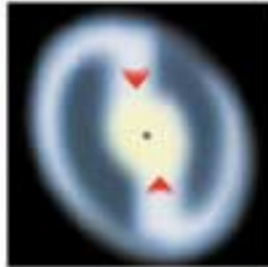


Sahte Topak

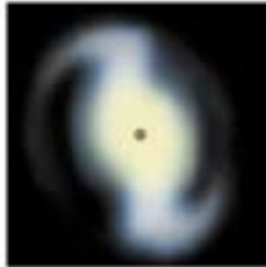
1. Disk biçimli bir gökade merkezinde en fazla bir çekirdek karadelik oluşturarak ortaya çıkıyor.



2. Diskteki gaz, merkezde toplanıyor ve aslında diskin bir uzantısı olan sahte bir topak yaratıyor.



3. Sahte topak büyüdüğüçe, bir karadelik ortaya çıkıyor ve kütleli de topağinkiyle birlikte artıyor.



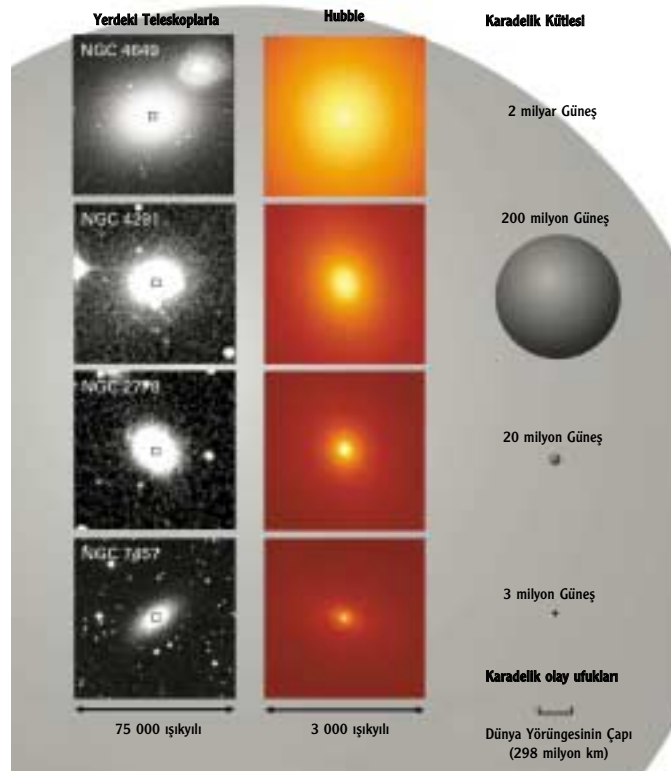
arak garip etkilerde bulunmuyor değil. Ama bu etki çok uzaklara kadar uzanmıyor. Karadeliklerin merkezi ile olay ufku arasındaki bu uzaklığa Schwarzschild yarıçapı deniyor. Bu etkiler, 10 Schwarzschild yarıçapının ötesine geçmiyor. Bu mesafenin dışında duyulan tek etki, kütleçekim etkisi.

Daha geniş perspektifte karadeliklerle ilgili bir yanılğı da, bunların sayıları ve dağılımlarıyla ilgili. Uzun yıllar, dev kütleli karadeliklere nadir bulunan cisimler gözüyle bakılırken, Hubble Uzay Teleskopunun optik dalgaboylarında gözlemleri, ya da sonradan uzaya gönderilen gama teleskopu Compton GRO ile Chandra ve XMM gibi X-ışını teleskopları,

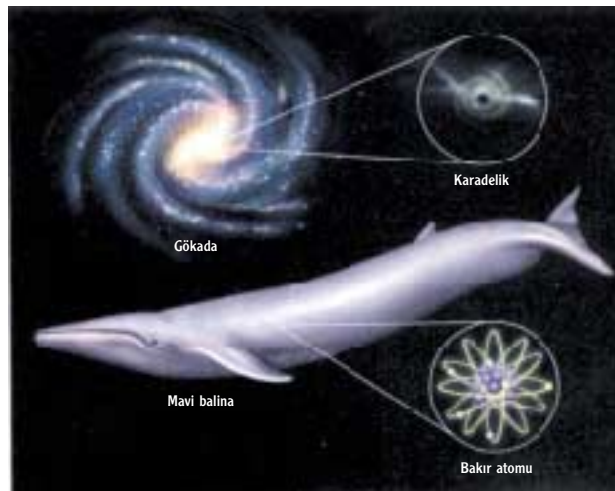
yerden de çapları ve teknolojileri giderek gelişen radyoteleskoplarla yapılan gözlemler, bu dev gökadalardan neredeyse tüm gökadalardan standart ekipmanı olduğunu ortaya koymuş bulunuyor.

Nihayet, "tavuk mu yumurtadan çıkar, yumurta mı tavuktan?" bilmecesinin en azından karadelikler için yanlış çözümlenmiş olduğu da anlaşılıyor. Yakın zamanlara kadar karadeliklerin, yıldızları önceden oluşmuş gökadalardan merkezlerinde çöken gaz ve yıldızlarla oluştuğu modeli yaygın kabul görüyordu. Oysa son yıllarda, bunun tersini savunan model daha çok yandaş toplamaya başladı. Bu modele göre Büyük Patlama'nın ardından oluşan ilkel karadeliklerin oluşturduğu çekirdekler etrafında yoğunlaşan gaz bulutları, daha sonra birleşerek günümüzdeki gökadalardan oluşuyorlar. Bu birleşmeler sonunda merkezde toplanan gaz ve yıldızlar da karadelikleri besliyor. Ancak karadeliklerin, merkezlerinde oturdukları gökadalardan bir arada ve aynı oranda geliştiklerini gösteren kanıtlar da birikmekte. Üstelik gözlemler, ilginç bir olguyu da gözler önüne seriyor. Gökada-

Gökada Büyüklüklerine Oranla Karadelik Kütleleri



ların kütleleriyle, merkezlerindeki karadeliklerin kütleleri arasında %0.2 olarak belirlenen bir orantı var. Dev karadeliklerle gökada kütleleri arasındaki bu oran, eliptik gökadalardan tüm kütleleriyle, sarmal gökadalardan merkezlerindeki küresel şişkinlik için geçerli. Daha açık bir ifadeyle, her gökada, kendi imkanlarına göre bir canavar besliyor. Sarmal gökadalardaki canavar daha aç. Merkezdeki şişkinliğin binde ikisi kadar bir kütle kadar büyüyebiliyor. Eliptik gökadalardaysa tüm gökada kütlelerinin binde ikisi kadar olabiliyorlar. Ancak, bu konuda kesin konuşabilmek için yeterince gözlem yapılabilmemiş değil. Örneğin geçtiği-



miz aylarda, Samanyolu'nun yakın akrabalarından olan ve oldukça büyük bir gökada sayılabilecek M33'ün merkezinde büyük kütleli bir karadelik bulunmadığı yolundaki açıklama, karadeliklerin yeni sürprizler hazırlamakta olabileceklerinin bir işareti.

Süperdev karadeliklerin milyarlarca Güneş'i içine alabilecek kütleleri, bağışlanabilir bir yanılğı da beraberinde getiriyor. İnsan, ister istemez bu canavarların ağırlıklarıyla boylarını karıştırabiliyor. Oysa maddenin olağanüstü yoğunlukta sıkıştığı karadeliklerin boyutları, içlerinde buldukları gökadanınkiyle karşılaştırılmayacak kadar küçük. Örneğin, 10 milyar Güneş kütledeki bir karadelik Schwarzschild yarıçapı, Sa-

manyolu gibi bir gökadanın yarıçapının (yaklaşık 50 000 ışık yılı) 10 milyarda biri kadar. Bu da, bir bakır atomunun, en büyük memeli olan mavi balinanın üzerinde kapladığı yere karşılık geliyor.

Dev karadeliklerin gökada merkezinde ne zaman oluştuğu da önemli. Bazı gökbilimcilere göre bu, gökadanın alacağı biçimi önceden belirliyor. Eğer karadelik gökadanın evriminin erken aşamalarında oluşmuşsa, giderek büyüyor ve daha sonra güçlü bir rüzgarla çevredeki malzemeyi dağıtıyor. Bu da gazın bir disk oluşturmasını engelliyor. Böylece, yıldızların, üzerinde oluşacakları disklere sahip sarmal gökadalardan ortaya çıkamıyor; gökada elips biçimli ya da düzensiz bir görüntü kazanıyor.

Raşit Gürdilek

Kaynaklar

- Comins, N. F., "Get The Hole Story", Astronomy, Nisan 2001
- Irion, R., "Galaxies, Black Holes Shared Their Youths", Science, 16 Haziran 2000
- Nadis, S., "Here, There, and Everywhere?", Astronomy, Şubat 2001
- Sincell, M., "Ravenous Black Holes Never Say Diet", Science, 5 Ocak 2001
- White, N., "Imaging Black Holes", Nature, 14 Eylül 2000
- <http://intotheuniverse.com/blackholes>
- <http://casa.colorado.edu/~ajsh/schw.shtml>
- <http://oposite.stsci.edu/pubinfo/pr.html>
- <http://www.phy.syr.edu/courses/PHY312.98Spring/projects/iebornak/index.html>