

Karadelikler

Evrendeki en gizemli nesne nedir? Bu soruya pek çoğumuz hiç düşünmeden aynı yanıtı veririz: Karadelikler! Bu gök cisimleri, belki biraz da adlarından dolayı olsa gerek, çok ilgi çekiyorlar. Üstelik gökbilimcilere göre Güneş, Ay ve yıldızlar kadar gerçekler. Karadelikler, doğrudan gözlenemeseler de onlar hakkında birçok şey biliyoruz. Bu gök cisimlerinin, sanki bilimkurgu romanlarından fırlamışlar gibi, çok ilginç özellikleri var.

Karadeliklerin var olabileceği düşüncesi, 200 yıldan daha eskiye gider. 1874'te, bir İngiliz din adamı John Michell, kütleçekiminin ışık üzerinde etkisinin olup olamayacağını merak ediyordu. Ona göre, bazı yıldızlar o kadar büyük ve buna bağlı olarak da o kadar büyük kütleli olabilirdi ki, ışık bile onlardan kaçamazdı. John Michell'e göre, 500 güneş çaplı bir yıldız, ışığın kaçmasını engelleyecek kadar güçlü bir kütleçekimine sahip olabilirdi. Ne var ki, bu kadar büyük bir yıldız gerçekte varolamazdı.

Bundan birkaç yıl sonra, ünlü Fransız matematikçi Pierre Simon de Laplace, aynı kaniya vardı. Michell ve Laplace'ın kaynakları, hiç kuşkusuz, Isaac Newton'un çalışmalarıydı. Newton, cisimlerin yere düşmesinin nedeninin, bu cisimlerin üzerinde etki eden ve kütleçekimi olarak tanımlanan, görünmez bir kuvvet olduğunu açıklamıştı. Newton'un, ağaçtan yere düşen bir elmayı izledikten sonra bu kaniya vardığı söylenir.

Newton, kütleçekimini keşfetmekle kalmamış, iki cisim arasındaki uzaklık arttıkça aralarındaki

kütleçekim kuvvetinin azaldığını da keşfetmişti. İki cisim arasındaki uzaklık iki katına çıktığında, kütleçekimi dörtte birine iniyordu. Ayrıca, Newton'un farkettiği bir başka gerçek de, kütlesi olan her cismin bir kütleçekiminin olduğu, yani bir başka cismi çektiğiydi. Kütleçekiminin keşfedilmesi, bilimadamlarının yıldızların ve gezegenlerin hareketlerini anlamasını sağladı.

Bir cismin kütleçekiminin büyüklüğünün, kütle ve uzaklığa bağlı olduğunu biliyoruz. Ancak, uzaklığı hesaplarken, cismin kütle merkezine olan uzaklığını ele almak gerekiyor. Dünya gibi küresel cisimlerde bu, tam merkezdedir. Biz gezegenimizin yüzeyinde durduğumuza göre, Dünya'nın kütle merkezine olan uzaklığımız onun yarıçapı kadardır.

Dünya'nın yerçekim kuvveti dev yıldızları ile karşılaştırılmaz; ancak, onun çekiminden kurtulup uzaya gidebilmek için bile epeyce enerji harcamamız gerekir. Olduğunuz yerde zıpladığınızda, ne kadar yükselebildiğinize dikkat ettiniz mi? Bir

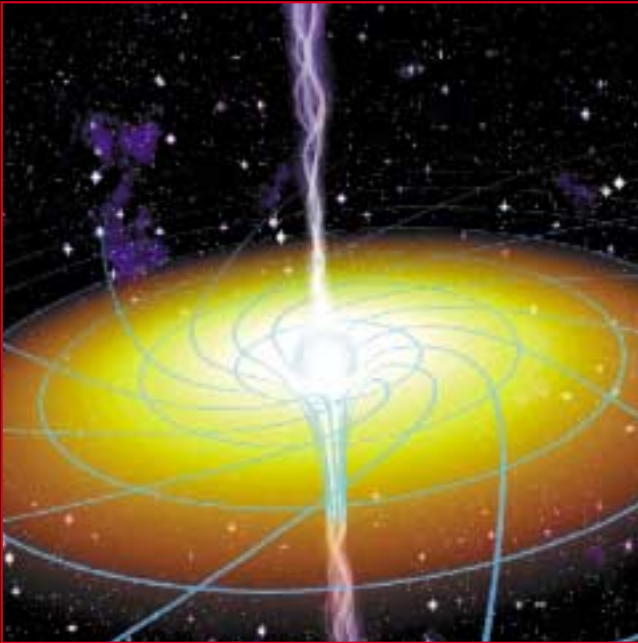
metre, belki yarım metre bile değil. Bütün gücünüzü kullansanız bile çok da fazla değişmez bu.

Eğer bir cismin kütleçekiminden kurtulmak istiyorsanız, bu cismin kütleçekiminin büyüklüğüne bağlı olarak belli bir hızla zıplamanız gerekir. Örneğin, Dünya'nın kütleçekiminden kurtulup uzaya gitmek isterseniz, zıpladığınızda hızınızın saatte yaklaşık 40.000 km olması gerekir.

Yıldızdan Karadeliğe

Bir yıldız evriminden söz edilirken, onun da bizler gibi doğduğu, geliştiği ve öldüğü anlatılır. Yıldızlar, büyük oranda hidrojen den oluşan evrendeki gazın ürünüdür. Yıldızlar, evrende bu gazın yoğun olarak bulunduğu ve bulutsu adı verilen yerlerde doğarlar. Bulutsulardaki gazın bir araya gelip yıldızları oluşturmasındaki etken de kütleçekimdir. Giderek sıkışan gazın en yoğun yeri olan çekirdeği, sıkışmaya bağlı olarak zamanla ısınır. Sıcaklık yaklaşık 10 milyon dereceye ulaştığında, hidrojen atomları birleşerek helyuma dönüşmeye başlar ve bu sırada bir yan ürün olarak çok miktarda enerji ortaya çıkar. Bu enerji, kütleçekiminin ters yönünde bir kuvvet uygular ve yıldız daha fazla çökmekten kurtulur.

Bu aşamada, yıldız doğmuş kabul edilir. Ortalama bir yıldız, milyarlarca yıl bu aşamada kalır, yani yaşar. Yıldızın yakıtı azaldığında, merkezinde de önemli miktarda çekirdek tepkimeleriyle meydana gelmiş



madde oluşmuştur. Bu madde, yıldızın büyüklüğüne bağlı olarak demir ve ondan hafif elementleri içerebilir. Yıldız, yakıtını tüketmeden önce, merkezindeki basınç ve sıcaklık arttığı için şişmeye



başlar. Yıldızın dış katmanları uzaya doğru itilir ve çapı önceki çapının yüz katından fazla artar. Yaşamlarının bu son aşamasındaki yıldızlara kırmızı dev denir. Genişledikçe yüzeyleri soğuyan yıldızlar, gerçekten de kırmızı görünür. Yıldızın yakıtı tükendiğinde, artık çekirdekteki enerji kaynağı da tükenmiş olur. Yıldız, artık kütleçekimini dengeleyen bir kuvvet olmadığından aniden çöker. Bu sırada, dış katmanlardaki maddenin bir bölümünü uzaya savurur. (Çok büyük kütleli yıldızlarda, bu olay çok güçlü bir patlamayla gerçekleşir ve yıldız bir süpernova olur.) Artık yıldız ölmüştür. Ancak, bizim asıl ilgimizi çeken bundan sonra neler olacağı. Aslında bundan sonra neler olacağı en baştan bellidir. Çünkü, ne olacağını yıldızın kütlesi belirler.

Eğer bu yıldız bizim Güneş'imiz gibi küçük kütleli bir yıldızsa, yıldızın sonu bir beyaz cüce olmaktır. Bir beyaz cücenin bir çay kaşığı kadar tonlarca kütleyle sahiptir. Yıldızın, tepkimelerin meydana geldiği çekirdeği, 1,4 güneş kütlesinden fazlaysa, madde sadece nötronlardan oluşmuş bir nötron yıldızına dönüşür. Nötron yıldızı o kadar sıkışmıştır ki, atomları oluşturan elektron ve protonlar da birleşerek nötronlara dönüşürler. Bu aşamada birbirleriyle omuz omuza duran nötronlar, kütleçekimine karşı koyabilirler. Bir nötron yıldızından bir topluığne başı kadar madde alabilseydiniz, bunun kütlesi Dünya'nın en büyük tankerinin iki katına yakın olurdu. Yani, yaklaşık bir milyon ton!

Bir nötron yıldızını oluşturan nötronların, kütleçekimine karşı koyabildiklerini söylemiştik. Ancak, bunun da bir sınırı var. Yani, kütleçekimi her zaman galip geliyor. Yeter ki yeterince madde bulunsun. Yıldızdan geriye kalan maddenin kütlesi üç güneş kütlesini aştığında, nötronlar da artık bu kuvvete karşı koyamıyorlar. Artık kütleçekimi zaferi elde ediyor ve madde evrendeki bilinen en gizemli ve karanlık gökcismine, yani bir karadeliğe dönüşüyor.

Gökyüzündeki birçok yıldız, Güneş gibi tek başına değildir. İkili ya da daha çok yıldızdan oluşan yıldız sistemleri bulunur. Bu yıldızlar, ortak bir kütle merkezinin çevresinde, bir başka deyişle birbirlerinin çevresinde dolanırlar. İkili sistemlerde, iki yıldız yerine bir yıldız ve bir beyaz cüce, nötron yıldızı ya da bir karadeliğ olabilir. Eğer sistemdeki karadeliğ, yıldızın yakın bir konumda yer alırsa, yıldızdan karadeliğe madde akışı olur. Yıldızdan kopan madde, karadeliğin içine düşmeden önce onun etrafında dönmeye başlar. Karadeliğe yaklaşan madde giderek hızlanır ve onun içine düşmeden önce çok ısınır. Bunun sonucunda bu maddenin bulunduğu yerden, yani karadeliğin çok yakınından güçlü bir ışın yayılır. Bunun bir örneğini, Kuğu Takımyıldızı'ndaki Cygnus X-1 sisteminde görüyoruz.

Karadeliğlerin, gökadalardan oluşumunda rol oynadıkları düşünülüyor. Birçok gökadanın merkezinde çok büyük kütleli karadeliğ bulunuyor. Gökadamız Samanyolu'nun merkezindeki karadeliğın kütlesi yaklaşık 2,5 milyon güneş kütlesi kadar. İnanılmaz geliyorsa, bir de yakınımızdaki gökadalardan biri olan dev gökada M87'nin merkezindeki karadeliğe bakın. Bu gökadanın merkezindeki karadeliğ üç milyar güneş kütlesinde!

Küçük Devler

Kütleçekiminin kütle merkezinden uzaklaştıkça azaldığını söylemiştik. O halde, bir gökcismi çöktükçe yüzeyindeki kütleçekimi artar. Cisim ne kadar küçülürse yüzeyi merkeze o kadar yaklaşır. Bu da bir cismin, bu gökcisminin kütleçekiminden kurtulması için gereken hızın artmasını gerektirir.

Güneş'in kütleçekiminden kurtulmak için gereken kaçış hızı, yüzeyinde saniyede 620 km'dir. Güneş'in çapını öncekinin yarısı kadar olacak şekilde sıkıştırırsanız, kütlesi artmadığı halde yüzeyindeki kütleçekimi öncekinden % 40 fazla olacaktır. Güneş'in çapını Dünya'nın çapıyla eşit büyüklüğe getirirseniz, kaçış hızı saniyede 6500 km'ye çıkar. Gerçekten kütlesi yeterli değil, ama bir an için Güneş'in nötron yıldızına dönüştüğünü düşünelim. Bu durumda, kaçış hızı ışık hızının (saniyede 300.000 km) yarısından fazla olur.

Bir cisim öyle bir sıkıştırılabilir ki, ondan kaçmak için gereken hız, ışık hızından fazla olsun. Burada, bir sorunla karşılaşırız. Fizik kuralları gereği, hiçbir şey ışık hızından daha hızlı gidemez. Bu da, böyle bir cisimden hiçbir şeyin, hatta ışığın bile kaçamayacağı anlamına gelir. Gerçekten, bir yıldızın karadeliğ olabilmesi için, yıldız öldükten sonra geriye kalan maddenin en azından

3 güneş kütlesinde olması gerekiyor. Beyaz cüce, nötron yıldızı ya da karadeliğ olsun, bize en olağanüstü gelen şey, nasıl olup da maddenin bu kadar sıkışabildiği. Eğer Dünya'yı yeterince sıkıştırabilseydik, 1 santimetreden daha küçük çaplı bir karadeliğ olurdu. Üstelik bu da onun çapı değil, "olay ufku" olacaktı.

Olay ufku, içine düşen hiçbir şeyin kaçamayacağı bölgenin adı. Daha iyi anlamak için, bir karadeliğe doğru düşen bir cisim düşünün. Bu cisim, olay ufkuna geldiğinde, buradaki kütleçekimi ancak ışık hızıyla giden bir cismin kaçabilmesine olanak tanır. Olay ufku geçildiğindeyse, ışık hızından daha hızlı hareket edilemeyeceğinden buradan kaçmak olanaksız olur. İşte karadeliğler bu

nedenle içlerine düşen, daha doğrusu olay ufkunu geçen hiçbir şeyin geri dönemeyeceği gök cisimleridir.

İçeride Neler Oluyor?

Peki, olay ufkunun içinde ne olduğunu biliyor muyuz? Bu soru, yanıtlanması pek de kolay olmayan bir soru; ancak matematikçiler ve fizikçiler burada neler olup bittiğini açığa kavuşturmak için epeyce uğraşıyorlar. Karadeligi oluşturan maddeyi, artık çapıyla nitelemek olası değil. Ölmüş yıldızdan kalan bütün madde, "tekillik" denen, yoğunluğun sonsuz olduğu bir noktada toplanmış durumda. Artık, madde uzayda bir hacim bile kaplamıyor. Bu, kütleçekiminin maddeye karşı kesin zaferi olarak nitelendirilebilir.

Bütün karadelikler, temelde merkezdeki tekilliği çevreleyen olay ufkundan oluşuyor. Ancak, karadeliklerin merkezindeki tekilliğin nokta biçimli olabilmesi gibi, halka biçimli olabilmesi de söz konusu. Nokta biçimli tekillik, dönmeyen, durağan karadeliklerde bulunuyor. Halka biçimli tekillikse, dönen karadeliklerde bulunuyor. Halka biçimli karadeliklerde de halkanın yoğunluğu sonsuz. Yani, sonsuz incelikte bir halka bu.

Göreviniz Tehlike

Karadelikler evrende o kadar az yer kaplarlar ki, onlardan birinin içine düşmemiz neredeyse

olanaksız. Ancak, bilimkurgu filmlerinde görmeye alışık olduğumuz gibi bir senaryo düşünebiliriz. Uzay gemisiyle yolculuk ediyorsunuz ve göreviniz bir karadeligi incelemek. Uzay geminizi karadelige güvenli bir uzaklıkta park ediyorsunuz ve içinizden cesur bir astronot karadeligi keşfe gidiyor. Uzay gemisindeki en cesur astronot sizsiniz.

Kendinizi karadeligin kütleçekimine bırakıyor ve giderek hızlanacak biçimde karadelige doğru ilerliyorsunuz. Karadeligin olay ufkuna yaklaştıkça kadar olağandışı bir şey hissetmiyorsunuz. Ancak, olay ufkuna geldiğinizde, birinin sizi sanki ayaklarınızdan aşağı doğru çektiğini hissetmeye başlıyorsunuz. Ayaklarınız, başınızın çekildiği kuvvetten daha büyük bir kuvvetle içeri doğru çekiliyor. Küçük kütleli bir karadelikte, bu etki çok güçlüdür. Karadeligin kütlesi arttıkça, bu etki azalır. Çünkü, karadeligin çekim kuvvetindeki değişim daha yumuşak bir geçiş yapar. Yani, ayaklarınızdaki kuvvetle başınızdaki arasındaki fark dayanılabilir ölçüdedir. Neyse ki siz bunu bilerek, yaklaşık 10 milyon güneş kütleesindeki dev bir karadelige yaklaşmayı seçtiniz.

Olay ufkunu geçtiniz ve artık geri dönüş yok. Olay ufkunun içini dışarıdan göremiyordunuz ama içeriden dışarıyı görmeniz için herhangi bir engel yok. Çünkü dışarıdan içeriye ışığın girmesi serbest. Ne var ki, dışarı baktığınızda, oradaki cisimleri oldukça ilginç görüyorsunuz.

Einstein'ın genel görelilik kuramına göre, kütlesi olan her cisim uzay-zamanın eğilmesine yol açıyor.

Güneş

Uzay-zamanda sığ bir çukur oluşturur.



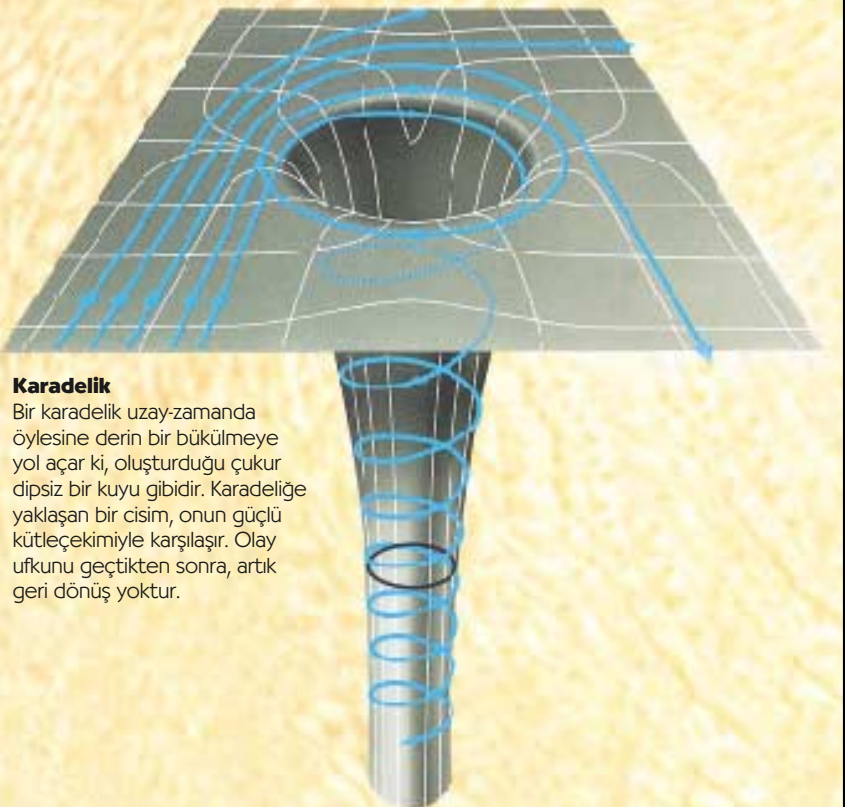
Beyaz Cüce

Güneş'e oranla çok daha yoğundur ve uzay-zamanda görece sığ bir çukur oluşturur.



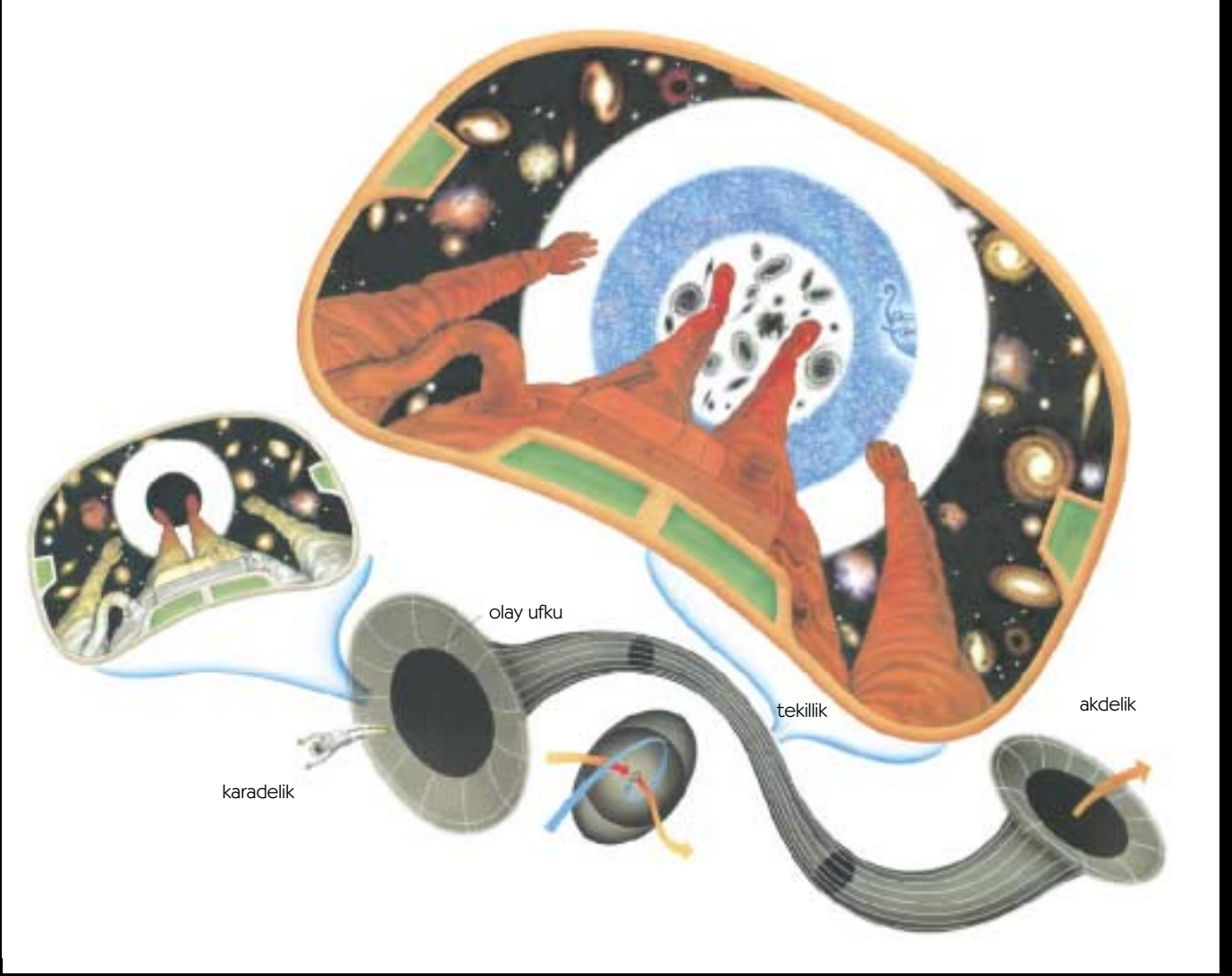
Nötron Yıldızı

Uzay-zamanda derin ve kenarları dik bir çukur oluşturur. İçine düşen cisimlerin hızı ışık hızının yarısına ulaşır.



Karadelik

Bir karadelik uzay-zamanda öylesine derin bir bükülmeye yol açar ki, oluşturduğu çukur dipsiz bir kuyu gibidir. Karadelige yaklaşan bir cisim, onun güçlü kütleçekimiyle karşılaşır. Olay ufkunu geçtikten sonra, artık geri dönüş yoktur.



Einstein ve çalışma arkadaşı Nathan Rosen, karadeliklerin, başka bir evrene, bizim evrenimizden başka bir yere ya da başka bir zamana açılacak kapılar olabileceğini öne sürdüler. Kuramsal olarak bu model kanıtlanabilir. Karadelikten giren bir cisim, "akdelik" olarak adlandırılan bir başka yerden çıkıyor. Karadelik ve akdeliği birbirine bağlayan evrensel otoyola "kurt deliği" deniyor. Karadelik ve akdelik, her ikisi de tek yönlü kapılardır.

Gördüğünüz, bu cisimlerin sanki kahkaha aynasından yansıyan görüntüleri. Bunun nedeni, karadeliğin çok güçlü kütleçekiminin dışarıdan gelen ışığın bükülmesine yol açması.

Olay ufkunun içinde ilerlerken, merkezdeki tekillik gözünüze geliyor. Ancak, içinde bulunduğunuz dönen bir karadelik. Yani, tekillik nokta değil halka biçiminde. Eğer böyle olmasaydı, nokta tekillik içinde kaybolup gidecektiniz.

Burada, Einstein ve çalışma arkadaşı Nathan Rosen'in, böyle bir karadeliğin bir başka evrene açılabilirliğini öne sürmüş olduğu aklınıza geliyor. Bu kuramsal otoyola Einstein-Rosen Köprüsü ya da "kurt deliği" deniyor. Yani, yolculuğunuz karadeliğin içinde bitmiyor. Halka biçimli tekillik ortasından geçerken, kendinizi bir anda başka bir evrende buluyorsunuz. Bu evrene açılan kapıya "akdelik" deniyor. Bazen akdelik başka evrene değil, bizim evrenimizde başka bir yere ya da farklı bir zamana açılabilir. Düşünsenize, normalde ışık hızıyla bile milyarlarca yılda gidilebilecek, bekli de başka türlü gidilemeyecek başka evrenlere göz açıp kapayıncaya kadar gidebilirsiniz.

Siz karadeliğin içine yaptığınız yolculuğun heyecanına kapılmışken, büyük olasılıkla dışarıdaki arkadaşlarınızın neler yaptığını aklınızdan bile geçirmediniz. Uzaktan merakla sizi izleyen arkadaşlarınız, olay ufkuna yaklaştıkça giderek yavaşladığınızı gördüler. Bunun nedenini Einstein'ın genel görelilik kuramı açıklıyor. Bu kurama göre, kütlesi olan her cisim, uzay-zaman denen dört boyutlu, yani üç uzay boyutu (en, boy ve derinlik) ve zamandan oluşan dokuyu tıpkı üzerine ağır bir cismin üzerine konulduğu gergin bir çarşafmışçasına çukurlaştırıyor. Kütle ne kadar büyükse, çukur o kadar derinleşiyor. Bir karadelikteyse, bu çukur dipsiz bir kuyuyu andırıyor. Siz karadeliğe doğru ilerlerken, uzay zamandaki eğrilikten dolayı, aslında size göre normal ilerleyen zaman, onlara göre çok yavaşlıyor. Yani size göre olaylar normal akışında sürerken, onlar sizin için zamanın çok yavaşladığını görüyorlar. Bu durumda onlar sizden çok daha hızlı yaşamış oluyorlar. Siz karadeliğe yaklaştıkça bu etki artıyor.

Genel görelilik kuramı gereği, arkadaşlarınız sizin karadeliğe düştüğünüzü hiçbir zaman



M87 adlı eliptik gökadanın merkezinde (solda) dev bir karadeliik bulunuyor. Bu karadeliik yaklaşık 3 milyar güneş kütlelerinde. Hubble Uzay Teleskopu, yaklaşık iki yıl önce, M87'nin merkezindeki karadeliğin yol açtığı bir elektron püskürmesini görüntüledi (sağda).

göremeyecek. Eğer siz, karadeliğin yakınından bir yerden dönme kararı verip de dönebilseydiniz, arkadaşlarınızı sizden daha yaşlı bulacaktınız. Biraz karmaşık gibi görünse de genel görelilik kuramına göre bu gerçek.

Görünmeyeni Görmek!

Peki, evrendeki en karanlık gökcisimleri olan karadeliiklerin varlığını nasıl bilebiliyoruz? Onları doğrudan göremediğimiz doğru. Ancak, onların varlığını hem matematiksel kuramlarla, hem de gözlemlerle kanıtlayabiliyoruz. Karadeliikler, evrenin

ilk yerlilerinden. Yani daha gökadarlar bile oluşmadan evrende karadeliiklerin oluştuğu düşünülüyor.

Karadeliikleri ele veren, çok güçlü kütleçekimleri. Bu kütleçekimi karadeliğin çevresinde bazı etkilere yol açabiliyor. Örneğin, bir karadeliğin içine düşmekte olan madde çeşitli dalgaboylarında çok güçlü ışımaya yapıyor. Evrendeki en parlak cisimler olan kuazarların, içine yoğun bir madde akışı olan karadeliikler nedeniyle oluştuğu düşünülüyor.

Bir karadeliik, güçlü kütleçekimiyle, yakınından geçen ışığı bir mercek gibi kırar. Eğer karadeliik parlak bir gökcisminin, örneğin bir gökadanın önündeyseniz, bu gökadanın bize gelen ışıkta bazı sapmalar olur ve gökadanın şeklinde bozukluk oluşur ya da gökada birkaç taneymiş gibi görünür.

Şimdiye kadar hiçbir akdelik gözlenmiş değil. Gökbilimciler, eğer varsa, akdeliklerin kolayca kendilerini yok edebileceğini düşünüyorlar. Bunların hepsi bilimkurgu gibi değil mi? Kurt delikleri, akdelikler ve karadeliiklerle ilgili öteki bilgilerimiz, matematiksel verilere dayanıyor. Yani, tüm bunlar kuramsal olarak olanaklı görünüyor. Ancak, bilimadamları yine de bu konulara biraz temkinli yaklaşıyorlar. Yani, matematiksel olarak olanaklı olmaları, onların mutlaka doğada da bulunacakları anlamına gelmiyor. Karadeliiklerin varlığıysa gerçek. Onlar hakkında birçok şeyi biliyoruz. Ancak, gizemlerini korudukları da açık.



NGC 4261 gökadasının merkezinde bulunan dev bir karadeliik, gökadanın içerdiği maddeyi yavaş yavaş yutuyor.