

Kütleçekim Dalgaları İlk Kez Gözlemlendi!

Albert Einstein'ın 1915 yılında ortaya attığı genel görelilik kuramı bir kez daha doğrulandı. Bu kuram iki kara deliğin birbiri etrafında dönerek birleşmesi sırasında kütleçekim dalgaları yayacağını öngörüyordu. ABD'deki LIGO (Lazer İnterferometre Yerçekimi Dalgası Gözlemevi) detektörlerinin kütleleri Güneş'in kütlesinin 29 ve 36 katı olan iki kara deliğin birleşmesinden doğan kütleçekim dalgalarını gözlemlediği 11 Şubat 2016'ta, Türkiye saatiyle 17:30'da düzenlenen bir basın toplantısıyla dünyaya duyuruldu.





Louisiana, Livingston yakınlarındaki LIGO'nun havadan fotoğrafı. LIGO'nun iki detektörü var: Biri Louisiana, Livingston'da (solda), diğeri Washington, Hanford'ta (sağda). Bütçesi NSF tarafından karşılanan LIGO laboratuvarlarındaki araştırmalar Caltech ve MIT başta olmak üzere ABD ve başka ülkelerdeki 14 üniversiteden 1000'in üzerinde bilim insanının katıldığı bir ekip tarafından sürdürülüyor.

Kütleçekimi

İngiliz fizikçi Isaac Newton'un elmayı Dünya'ya düşüren kuvvetle, Dünya'yı Güneş'e bağlı tutan kuvvetin aynı olduğunu anlaması fizikte büyük bir gelişmedir. Newton'a göre kütlesi olan her cisim birbirini kütleleriyle doğru orantılı bir şekilde çeker. Bu gözlem, bize uzak olan gök cisimlerinin de her zaman fizik yasalarına göre hareket ettiği düşüncesini destekledi. Böylece insanoğlunun eli, gücünün yetmediği uzaklıklara kadar uzanmış oldu.

Newton'dan yaklaşık 230 yıl sonra Albert Einstein genel görelilik kuramını ortaya atarak fizikte bir devrim yarattı. Einstein'a göre her cisim kütlesiyle orantılı olarak uzay-zamanı bükerek ve diğer cisimler de bu bükülmüş uzay-zaman içinde hareket ederek kütleçekimini hissederek. Yani uzay-zaman, cisimlerin birbirlerini çekmesi için bir aracı vazifesi görür.

Tabii her kuram gibi genel görelilik kuramının da deneysel olarak doğrulanması gerekiyordu. Bunun için genel görelilik kuramının Newton fiziğine ne gibi değişiklikler getirdiğini görelim: 1) Işığın kütleçekimi altında bükülmesi, 2) Ağır cisimlerin yakınında zamanın yavaş akması, 3) Merkür'ün yörüngesinde küçük bir sapma, 4) Kara delikler, 5) Kütleçekim dalgaları.

Işığın bükülmesi Arthur Eddington adlı İngiliz astrofizikçi tarafından 1919 yılındaki tam Güneş tutulmasında gözlemlendi. Güneş tutulurken ona yakın bir yıldızın nerede görüleceği incelendi, genel görelilik kuramının öngördüğü sapma miktarı saptandı ve genel görelilik kuramının tahminleri deneyle doğrulandı. Işığın bükülmesi günümüz astrofizikte teleskoplarla rahatça görülebilen bir olgudur.

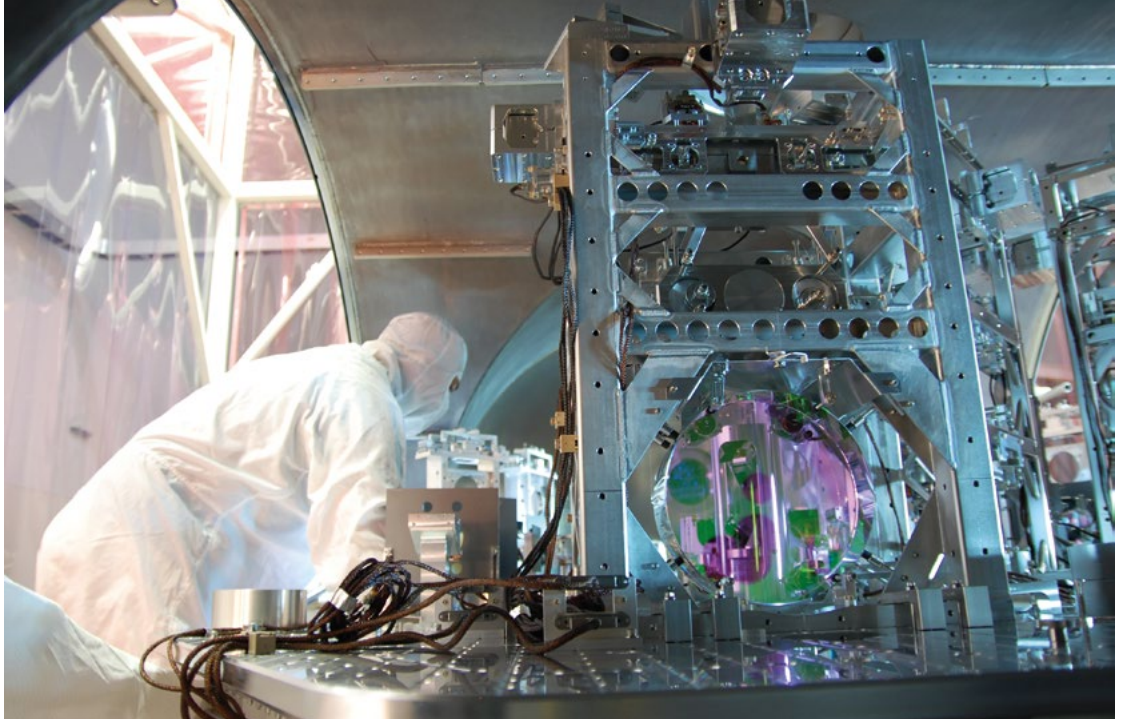
Dünyamızın etrafında otuz dokuz GPS navigasyon uydusu var. Bunlar sayesinde yeni bir yerin adresini kolaylıkla bulabiliyoruz. Fakat bu uydular Dünya'nın biraz dışındalar, dolayısıyla orada zaman daha hızlı akıyor. Bu nedenle de o uyduların üzerindeki elektronik çipler Dünya'dakinden biraz daha hızlı çalışıyor. Uydu üzerindeki yazılım genel görelilik kuramının zamanın hızlı akma etkisini hesaba katarak çalışıyor. Eğer genel görelilik kuramının bu etkisi dikkate alınmasaydı konumumuzu tam olarak bulamaz ve bir mahalle öteye giderdik.

Genel görelilik kuramının bir diğer öngörüsü olan kütleçekim dalgalarıysa bir sonraki kısmın konusunu oluşturuyor.

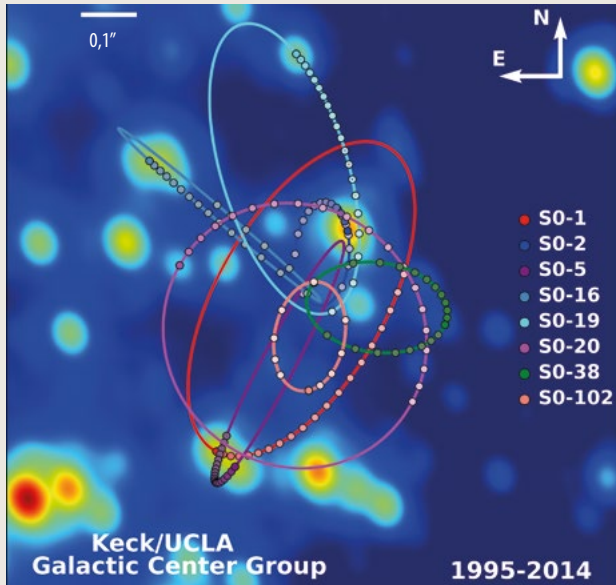
Işığın galaksi tarafından bükülmesiyle oluşan çembersel çizgiler



LIGO'nun optik parçaları üzerinde çalışan teknisyenler. Her detektörde 4 kilometre boyunca uzanan ve L şeklindeki kollara verilen lazer ışını iki kola ayrılarak ileri geri gider. Interferometrenin kollarının iki ucuna mutlak hassaslıkla yerleştirilen aynaların konumlarını ölçmek için lazer ışınları kullanılır. Einstein'ın genel görelilik kuramına göre detektörün içinden bir kütleçekim dalgası geçtiğinde aynalar arası uzaklık değişecek ve bilim insanları bunu görebilecek.

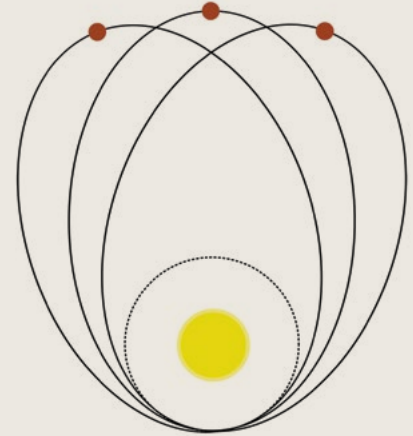


Genel görelilik kuramının başka bir tahmini olan kara delikler uzun süre matematiksel spekülasyon olarak kaldı. İnsanlar bu çözümlerin gerçekliğinden uzun süre emin olamadı. Fakat Samanyolu Gökada'sının merkezinde kütlesi Güneş'inin 3,8 milyon katı olan bir cisim bulundu. Cisimden ne görünür ışık ne de X-ışını geliyordu: Tamamen karanlıktı. Öte yandan bu kadar kütle bu kadar küçük bir yere nasıl sığdırılacağına bilinen fizik bir açıklama getiremiyordu. Dolayısıyla bilim insanları bunun bir kara delik olduğuna hükmetti. Şimdilerde astrofizikçiler kütle yeterince büyük her gökadanın merkezinde devasa bir kara delik bulunduğunu düşünüyor.

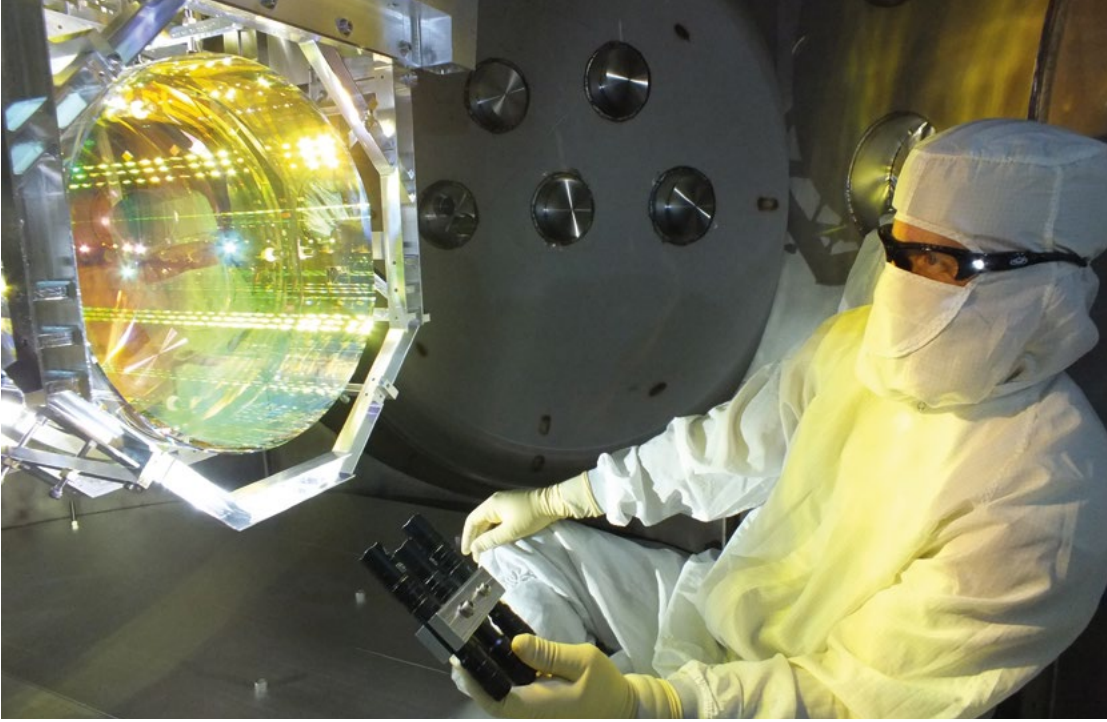


Samanyolu Gökadasının merkezindeki 3,8 milyon Güneş kütleli kara deliğin etrafında dönen yıldızların yörüngeleri. Andrea Ghez ve UCLA'deki ekibi tarafından KECK teleskopları kullanılarak elde edilmiştir.

Newton fiziğine göre gezegenler eliptik yörüngelerde hareket eder. Fakat astronomların 1900'lü yılların ortalarındaki gözlemleri Merkür'ün yörüngesinin mükemmel bir elipsten saptığını gösteriyordu. Bu o zamanlar için gizemli bir şeydi. Albert Einstein oluşturduğu genel görelilik denklemlerinin bu sapmayı gerektiği gibi öngördüğünü anladığında çok rahatlamakta haklıydı. Genel görelilik kuramının bir tahmini daha böylece doğrulanmış oluyordu.



Merkür'ün yörüngesinin mükemmel bir elipsten sapma biçimi. Şekilde uzaklıklar etkinin daha iyi anlaşılması için büyütülmüştür.

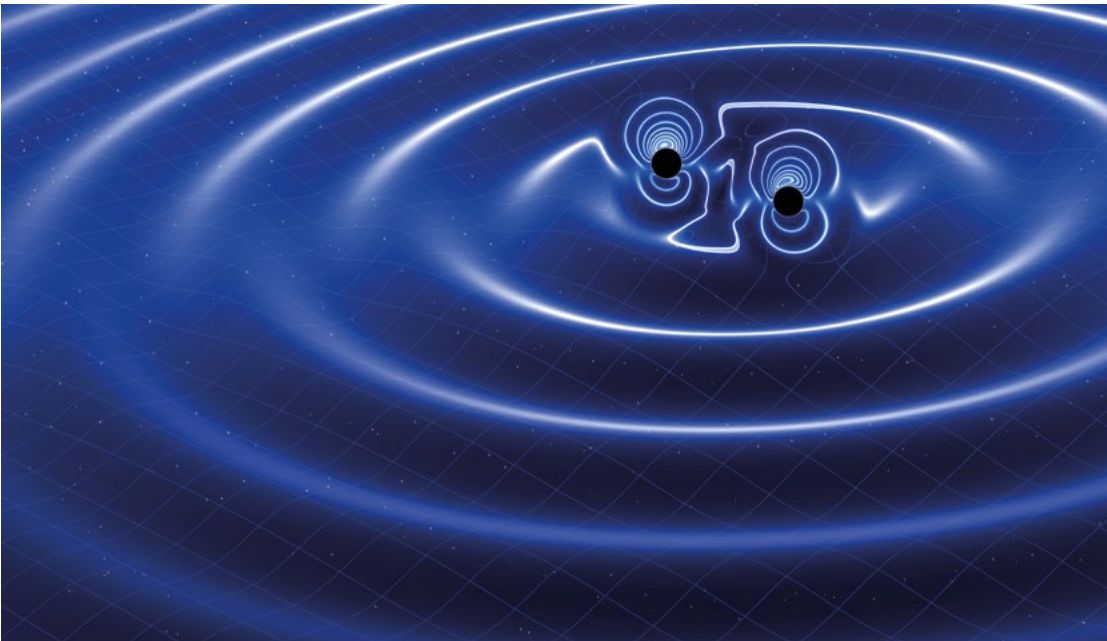


Vakum sistemini çalıştırıp kanalı kapatmadan önce, LIGO teknisyeni interferometrenin aynalarına ışık tutarak inceleme yapıyor. LIGO'nun istenen şekilde çalışması için optik yüzeylerde herhangi bir kirlilik bulunmaması gerekiyor.

Kütleçekim Dalgaları

Uzay-zamanın cisimlerin kütleçekimini hissedebilmesi için bir ortam olduğundan bahsetmiştik. Elektromanyetik kurama göre ivmelenen elektrik yükleri ışık yayar. Benzer bir şekilde, genel görelilik kuramına göre ivmelenen cisimler de kütleçekim dalgaları yayar. Mesela birbiri etrafında dönen iki kara delik uzay-zamanda dalgalanmalar yaratır.

Bu dalgalar uzayda geçtikleri yeri gerer ya da sıkıştırır. Kütleçekim dalgası bir yerden geçerken önce bir yönü sıkıştırır diğerini gerer, daha sonra bir yönü gerer diğerini sıkıştırır. Kütleçekim dalgaları başka cisimler tarafından saçılmaz ya da emilmez, yani boşluktan milyonlarca yıl kalabilir.



Birbiri etrafında dönen iki cismin oluşturduğu kütleçekim dalgaları uzay-zamanı dalgalandırıyor.

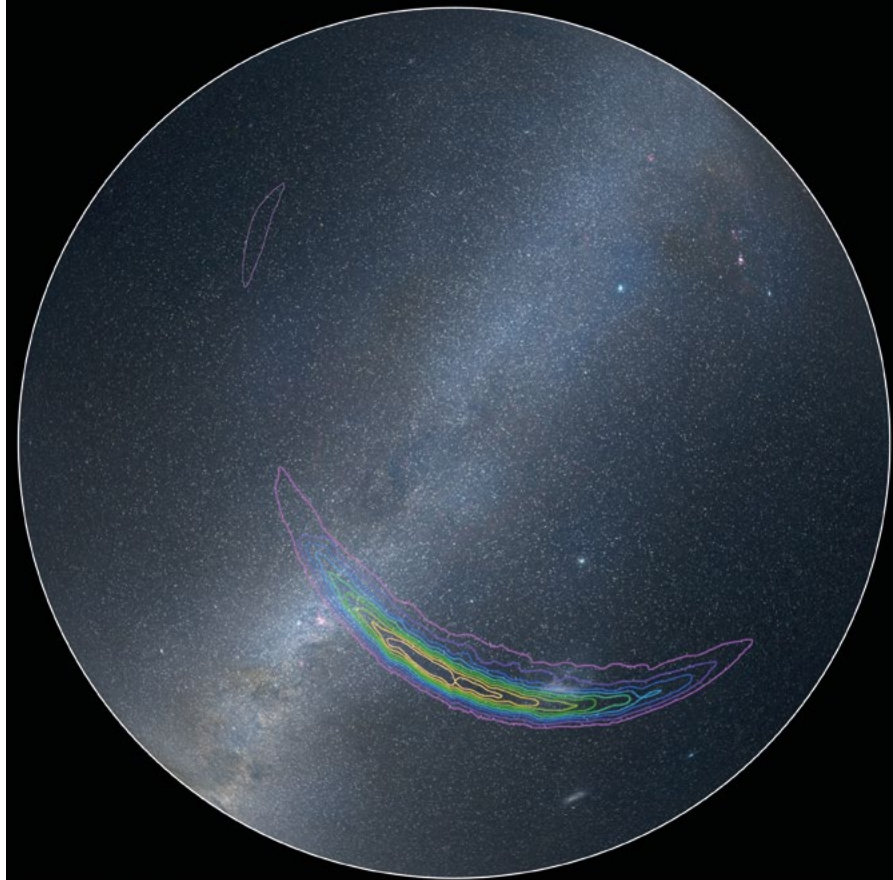


Kütleçekim Detektörü Merkezleri

Hanford, Washington'da ve Livingston, Louisiana'daki ikiz LIGO detektörleri ve Almanya'daki GEO600 detektörleri halen çalışıyor. İtalya'daki VIRGO ve Japonya'daki KAGRA detektörleri bir yenileme çalışmasından geçiyor ve sırasıyla 2016'da ve 2018'de çalışmaya başlayacakları öngörülmüyor. Hindistan'da altıncı bir detektörün yapılması planlanıyor. Dünya'da daha fazla kütleçekim detektörü olması, bilim insanlarının kütleçekim dalgalarının nereden geldiğini daha büyük bir hassasiyetle öğrenmesini sağlayacak.

Kütleçekim dalgalarının dolaylı olarak gözlemlenmesi 1982 yılında oldu. Birbiri etrafında dönen iki nötron yıldızı kütleçekim dalgaları yayarak enerjilerinin bir kısmını kaybeder. Bu nedenle yörüngeleri

gittikçe küçülür. Bunu keşfeden ve sonuçların genel görelilik kuramıyla mükemmel uyumlu olduğunu gösteren bilim insanları 1993 yılında Nobel Ödülü'ne layık görüldü.



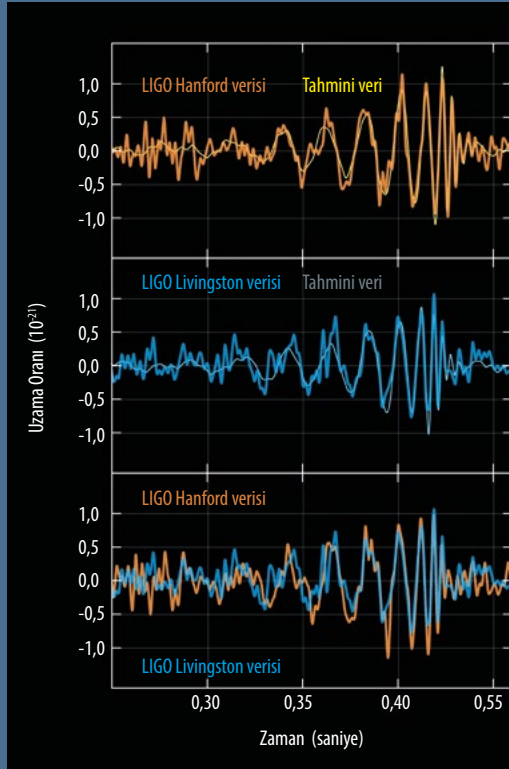
Kütleçekim Dalgalarının Geldiği Yer
14 Eylül 2015 tarihinde LIGO detektörleri tarafından algılanan kütleçekim dalgalarının geldiği düşünülen noktalar resim üzerinde, göğün güney yarıküresinde işaretlenmiş. Farklı renkler sinyallerin o bölgeden gelme ihtimaline karşılık geliyor. Sinyalin mor bölgeden gelme ihtimali %90, içteki sarı bölgeden gelme ihtimaliyse %10.

LIGO (Lazer İnterferometre Yerçekimi Dalgası Gözlemevi) 1,3 milyar yıl önce kütleleri Güneş'in kütesinin 29 ve 36 katı olan iki kara deliğin birleşmesi sonucu oluşan kütleçekim dalgalarını gözlemledi. Toplam kütlelerin Güneş'in kütesi 3 katı kadar olan kısmı kütleçekim dalgalarına enerji verdi. Araştırmacılar L şeklindeki uzun tüneller boyunca lazer ışıkları yollayarak uzay-zamanın dokusundaki dalgalanmaları saptamaya çalışıyordu. Dalgaların izi, interferometre denilen aletlerle ölçülebilen, büyüklüğü bir atomdan çok daha küçük değişimlerde arandı. İlk gözlem, Dünya'ya bir milyar ışık yılı uzaklıkta iki kara deliğin çarpışması sırasında, ABD'nin Washington ve Louisiana eyaletlerindeki iki ayrı LIGO tarafından 14 Eylül 2015'te, 13:51'de yapıldı. İnterferometreler bir milyar yıldan daha uzun bir süre önce yaşanan bir olayı kaydetti. Livingstone'daki dedektörün sinyali Hanford'daki dedektörden 7 milisaniye önce kaydetmesinden yola çıkılarak kara deliklerin güney yarıkürede olduğu sonucuna varıldı. Böylece kütleçekim dalgaları ilk defa doğrudan gözlemlenmiş oldu. Sonuç 11 Şubat 2016'da Türkiye saatiyle 17:30'da düzenlenen bir basın toplantısıyla dünyaya duyuruldu.

Kütleçekim dalgaları: Einstein tahmin etmişti!

Bu grafikler Livingston, Louisiana ve Hanford, Washington'daki LIGO detektörleri tarafından tespit edilen sinyalleri gösteriyor. Sinyaller kütleleri Güneş'in kütlelerinin 29 ve 36 katı olan iki karadeliğin birleşmesinden kaynaklanıyor ve 1,3 milyar ışık yılı uzaktan geliyor. Üstteki iki grafik Hanford ve Livingston detektörleri tarafından elde edilen verileri genel görelilik kuramının tahminleriyle beraber gösteriyor. Zaman yatay eksen boyunca, uzama oranı dikey eksen boyunca gözlemlenmiş. Uzama oranı, dalga geçtiğinde mesafelerin hangi oranda değiştiğini belirtiyor. Grafiklerin gösterdiği üzere, LIGO verileri Einstein'ın tahminleriyle örtüşüyor.

En alttaki grafikse Hanford ve Livingston'daki detektörlerden elde edilen verileri üst üste göstererek karşılaştırıyor. Sinyaller -sinyalin Hanford detektörüne 7 milisaniye sonra geldiği ve iki detektörün yönelimlerdeki farklılıklar da göz önüne alınarak- uyumlu hale getirildi. Grafiğin gösterdiği üzere iki detektör de aynı olaya tanıklık etmiş. Bu da gözlemi doğruluyor.

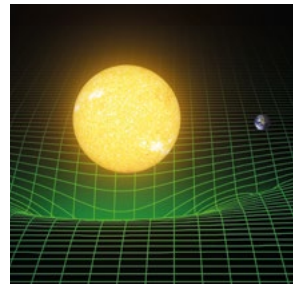
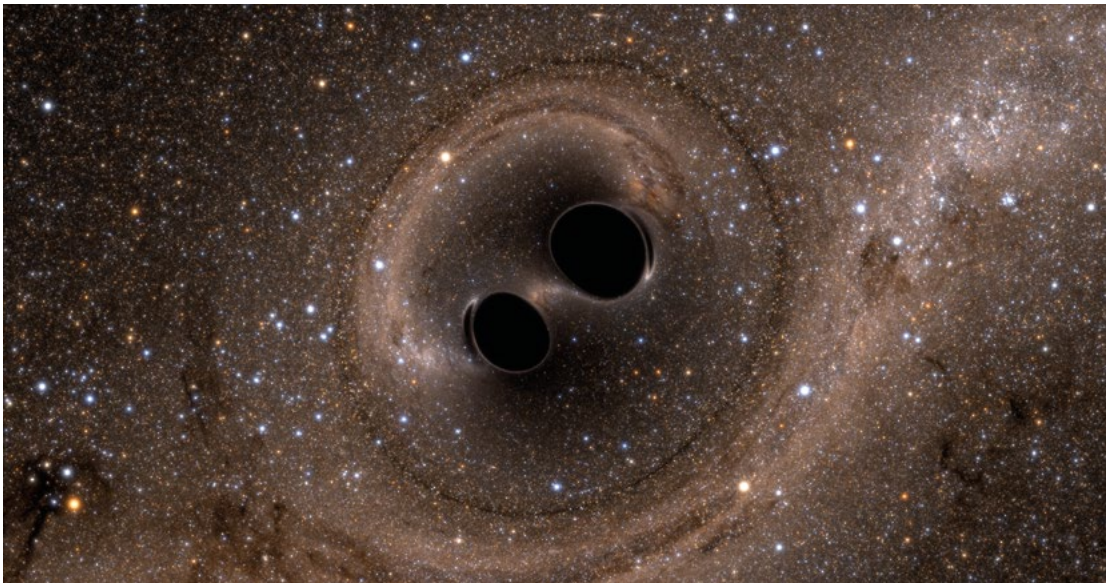


Bu keşif uzay araştırmaları için yeni bir dönemin başlangıcı anlamına geliyor. Işık kullanılarak yapılan astronomi Büyük Patlama'dan ancak yaklaşık 400 bin sene sonrasını görebiliyor, çünkü daha önce yayılan ışınlar madde tarafından emildiği için bize ulaşamıyordu. Ondan daha önce evrende ne olup bittiği optik astronominin kapsamı dışında kalıyor. Fakat kütleçekim dalgaları maddenin içinden emilmeden geçebildiği için kütleçekim dedektörleri op-

tik astronomi sınırlarını açacak. Kütleçekim dalgalarının gözlemlenmesi Büyük Patlama'dan başlayarak uzayın pek çok sırrını çözmekte faydalı olabilecek ve evrenle ilişkimizi değiştirebilecek bir keşif. Artık kütleçekim astronomisinin doğduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz.

Kaynaklar

- <http://ircamera.as.arizona.edu/NatSci102/NatSci102/text/lightbend.htm>
- https://www.ligo.caltech.edu/system/media_files/binaries/302/original/detection-press-release.pdf



İki Karadeliğin Birleşmesi Olayının Bilgisayar Simülasyonu