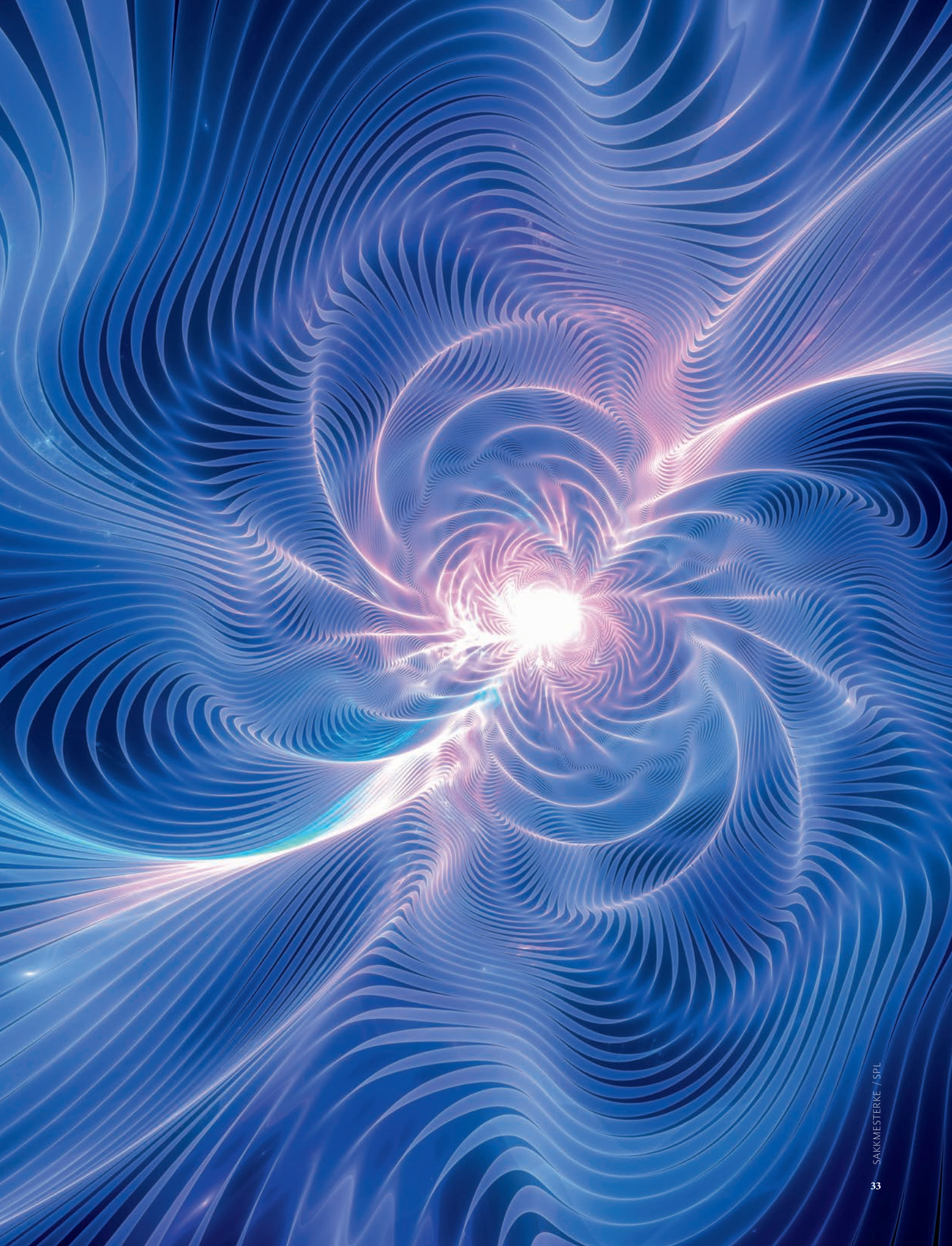


Işık Yılları Ölçeğinde Dalga Boyları Olan Kütleçekimsel Dalgalar Tespit Edildi

Dr. Mahir E. Ocak | TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Bir grup gök bilimci ışık yılları ölçeğinde dalga boyları olan kütleçekimsel dalgalar keşfettiklerini açıkladı.

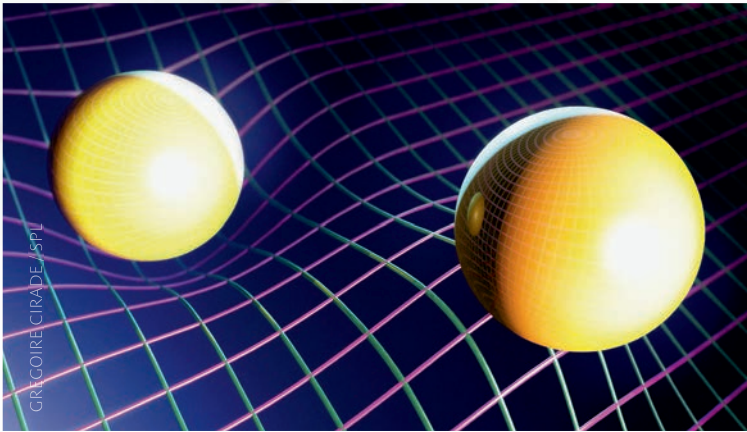


Kütleçekimsel Dalgalar

Genel görelilik kuramı uzayzamanın düz olmadığını söyler. İçerisinde bulunan kütleler, uzayzamanın eğriliğini belirler. Kütlelerin uzayzamandaki hareketleri ise uzayzamanın eğriliği tarafından yönlendirilir.

Kütlelerin konumundaki değişiklikler doğal olarak uzayzamanın eğriliğinin değişmesine neden olur. İvmelenen elektrik yüklerinin elektromanyetik dalgalar yaymasına benzer biçimde, ivmelenen kütleler de kütleçekimsel dalgalar yayar. Uzayda ışık hızıyla yol alan bu dalgalar iki cismin arasından geçtiğinde cisimlerin arasındaki mesafenin değişmesine neden olur.

Kütleçekimsel dalgaların uzayzamanın dokusunda sebep olduğu değişimler çok küçüktür. Örneğin Güneş sistemine birkaç bin yıl ışık yılı mesafede devasa bir yıldızın patladığını düşünelim. Olay sırasında yayılan kütleçekimsel dalgalar birkaç bin yıl sonra Dünya ile Güneş'in arasından geçtiğinde iki gök cismi arasındaki mesafe metrenin on milyarda biri kadar değişir.



Genel görelilik kuramı kütlenin uzayzamanı büküğünü söyler.

Kütleçekimsel Dalgaların Tespit Edilmesi

Kütleçekimsel dalgaların varlığı ilk olarak dolaylı gözlemlerle doğrulandı. Russel Alan Hulse ve Joseph Hooton Taylor bir nötron yıldızı ve bir pulsardan oluşan bir ikili yıldız sistemindeki değişimleri inceledi. Böyle bir sistemin birbirinin etrafında dolanan yıldızların ivmeli hareketi nedeniyle kütleçekimsel dalgalar yayması ve dolayısıyla enerji kaybetmesi beklenir. Bu enerji kaybı da yıldızların



Livingston, Louisiana'daki LIGO dedektörü.

zamanla birbirine yaklaşmasına yol açmalıdır. Araştırmacıların yaptığı gözlemler ve kuramsal tahminler uyum içindeydi. Hulse ve Taylor 1993 yılında Nobel Fizik Ödülü ile onurlandırıldı.

Kütleçekimsel dalgaların doğrudan gözlemlenmesi ise genel görelilik kuramının geliştirilmesinden yaklaşık 100 yıl sonra mümkün oldu. ABD'deki LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) dedektörleri ile çalışan araştırmacılar 2016'da kütleçekimsel dalgaları gözlemlediklerini açıkladılar.

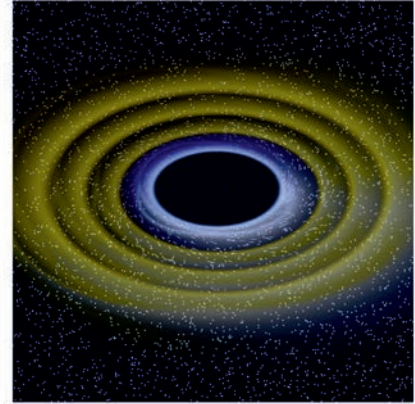
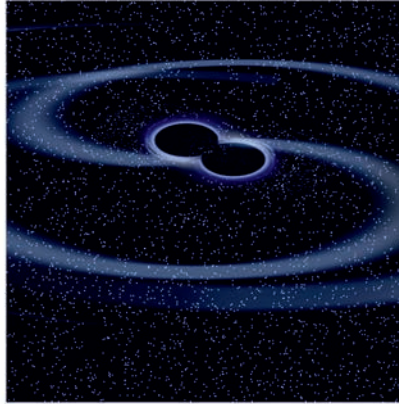
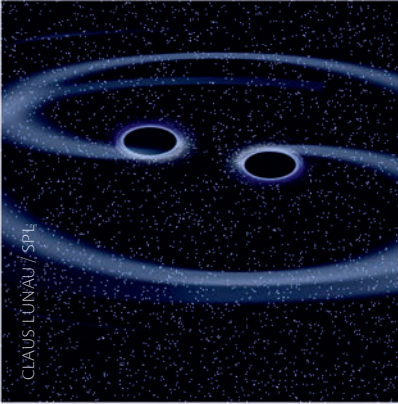
Biri Louisina, diğeri Washington eyaletlerinde bulunan LIGO dedektörleri birbirine dik olarak konumlandırılmış dörder kilometre uzunluğunda tünellerden oluşuyor. Tek bir kaynaktan yayıldıktan sonra ikiye ayrılıp tünellere giren lazer ışınları, tünellerin ucundaki aynalardan yansıdıktan sonra tekrar bir araya gelerek girişim yapıyor. Dedektörlerin içinden geçen kütleçekimsel dalgalar lazer ışınlarının katettiği mesafelerin değişmesine neden oluyor ve böylece girişim desenleri ortaya çıkıyor.

Doğrudan gözlemlenen ilk kütleçekimsel dalgalar yaklaşık 1,3 milyar yıl önce iki kara deliğin birleşmesi sırasında yayılmıştı. Dalgaların boyu kilometreler ölçeğindeydi.



Pulsarlar manyetik kutuplarından radyo dalgaları yayan nötron yıldızlarıdır.

yıldızlarıdır. Bazı pulsarlar kendi eksenini etrafında dönerken, yayılan radyo dalgaları zaman zaman Dünya'ya doğru yönelir. Bu pulsarlardan Dünya'ya



Doğrudan gözlemlenen ilk kütleçekimsel dalgalar birbirinin etrafında dolanan kara deliklerin birleşmesi sırasında yayılmıştı.

Pulsar Gözlemleri

Yakın zamanlarda dört ayrı araştırma grubu yeni

bir yöntemle ışık yılları ölçeğinde dalga boyları olan kütleçekimsel dalgaların varlığına işaret eden sonuçlara ulaştıklarını açıkladı. Tüm araştırma gruplarının yaptığı çalışmalar, pulsarlardan yayılan radyo dalgaları ile ilgili verilerin analizine dayanıyor.

Pulsarlar, manyetik kutuplarından radyo dalgaları yayan aşırı derecede yüksek yoğunluklu nötron

periyodik aralıklarla radyo dalgaları ulaşır. Son araştırmalara konu olan pulsarların tamamı “milisaniye” pulsar olarak sınıflandırılan türden. Söz konusu pulsarların kendi etrafında dönme periyotları milisaniyeler ölçeğindedir. Dolayısıyla milisaniye pulsarlarından Dünya'ya her saniye yüzlerce kez radyo dalgası atımları ulaşır.

Bir pulsar ile Dünya arasından kütleçekimsel dalgalar geçtiğinde iki gök cismi arasındaki mesafede ufak değişimler olur. Bu durum pulsardan Dünya'ya ulaşan periyodik sinyallerde kaymalara neden olur. Ancak tek bir pulsardan

gelen sinyallerdeki değişimlere bakarak kütleçekimsel dalgaların varlığına dair net çıkarımlar yapmak mümkün değildir. Son araştırmaların tamamı onlarca pulsardan ulaşan radyo dalgası verileri arasındaki korelasyonların stokastik (olasılığa dayalı) yöntemlerle analiz edilmesine dayanıyor. Çalışmalara imza atan araştırma gruplarının üçü (Kuzey Amerika'daki araştırmacılar tarafından oluşan NANOGrav grubu, Avrupalı ve Hint araştırmacılar tarafından oluşan European Pulsar Timing Array grubu, Avustralya'daki araştırmacılar tarafından oluşan Parkes Pulsar Timing Array grubu) onlarca yıl boyunca toplanan verileri analiz etti. Dördüncü grubun (Çin'deki araştırmacılar tarafından oluşan Chinese Pulsar Timing Array grubu) çalışmasında ise FAST (Five-hundred-

FAST teleskobunun eşsiz kapasitesine bağlanıyor. Çin'in güney batısındaki Guizhou eyaletinde bulunan teleskop beş yüz metrelik anten açıklığıyla dünyanın en büyük radyo teleskobu unvanını elinde bulunduruyor.

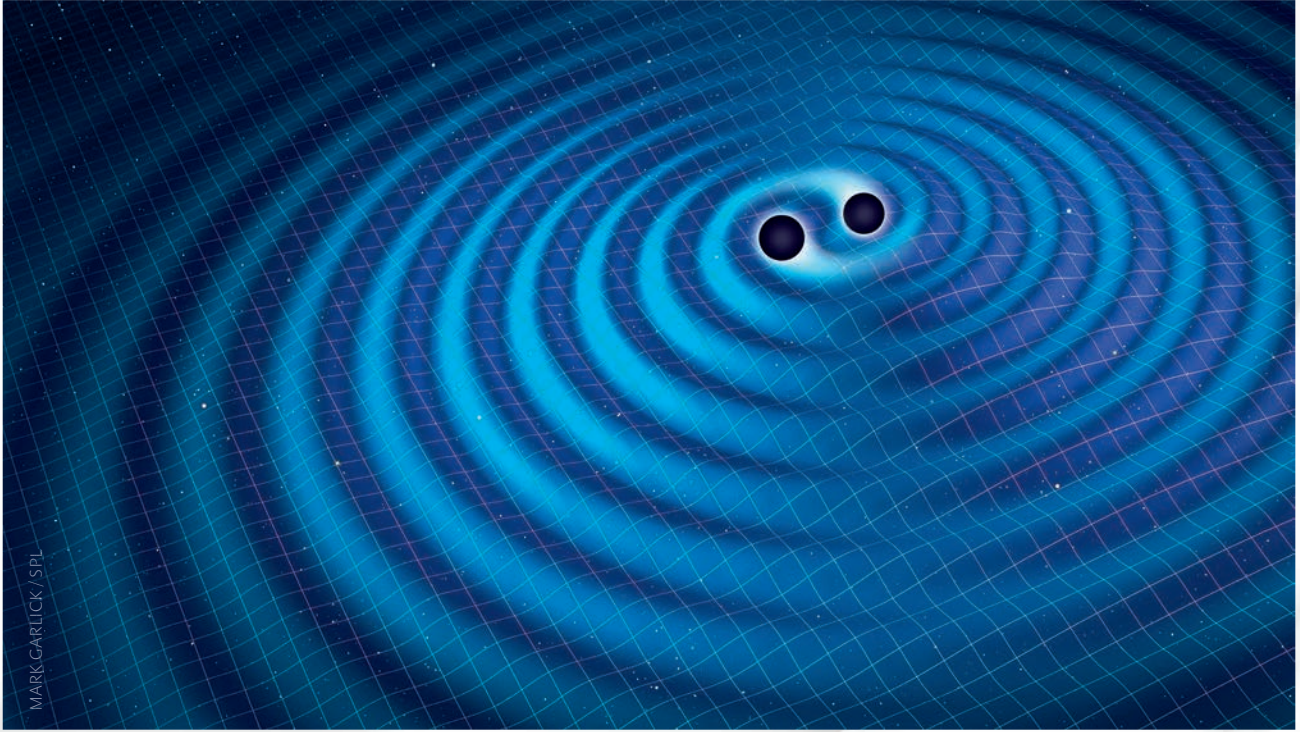
Tüm araştırma grupları, analiz sonuçlarında ışık yılı ölçeğinde dalga boyları olan kütleçekimsel dalgalara dair işaretler bulunduğunu söylüyor. Ancak hiçbir grubun sonuçları istatistiksel kesinliğe sahip değil. Gelecekte farklı araştırma gruplarının ellerindeki tüm verilerin bir araya getirilmesi planlanıyor. Bu sayede istatistiksel kesinliğe sahip sonuçlar elde etmek mümkün olabilir.



FAST Radyo Teleskobu

meter Aperture Spherical Telescope) teleskobunun üç yıllık çalışmasının ürünü olan veriler kullanıldı. Çinli grubun diğer gruplara kıyasla çok daha kısa süre içinde toplanmış verilerden benzer sonuçlara ulaşabilmesi,

Tespit edildiği öne sürülen dalgalar tek bir kaynaktan gelmiyor. Aksine sonuçlar düzensiz bir biçimde, rastgele yönlerdeki çok sayıda kaynaktan gelen kütleçekimsel dalgaların varlığına işaret ediyor.



Tespit edilen devasa kütleçekimsel dalgaların kaynağının birbirlerinin etrafında dolanan aşırı büyük kütleli kara delik çiftleri olduğu düşünülüyor.

Kütleçekimsel dalgaların kaynağının büyük olasılıkla birbirlerinin etrafında dönen aşırı büyük kütleli (Güneş'inin milyonlarca, milyarlarca katı kütleyle sahip) kara delikler olduğu düşünülüyor. Eğer öyleyse elde edilen sonuçlar, bu tür kara delik çiftlerinin var olduğuna dair ilk doğrudan kanıt olacak. Bu kara delik çiftleri zamanla birbirlerine daha çok yaklaşacak ve eninde sonunda birleşeceklerdir. Bu birleşme olayları sırasında da tıpkı LIGO dedektörlerinin tespit ettiğine benzer, ancak çok daha büyük ölçekli, kütleçekimsel dalga patlamaları yaşanacaktır. Avrupa Uzay Ajansı (ESA) 2030'larda kütleçekimsel dalgaları tespit etmek için tasarlanacak, kısaca LISA olarak adlandırılan bir sondayı uzaya göndermeyi planlıyor. Aşırı büyük kütleli kara deliklerin birleşmesi sırasında uzaya yayılacak kütleçekimsel dalgaların bazıları gelecekte LISA tarafından tespit edilebilir.

Dalgaların kaynağı ile ilgili tek ihtimal aşırı büyük kütleli kara delik çiftleri olmaları değil. Örneğin bu dalgaların bazıları evrenin ilk dönemlerinden artakalmış olabilir. Işığa duyarlı teleskoplar evrenin ilk 400.000 yıllık dönemi hakkında veri toplayamıyor.

Çünkü henüz yıldızların ve gök adaların oluşmaya başlamadığı bu dönemde, evren opak (ışığı geçirmeyen) ve iyonize bir gazla doluydu. Işığın aksine, kütleçekimsel dalgalar herhangi bir ortamdan geçebiliyor. Dolayısıyla evrenin ilk dönemlerinden kalma kütleçekimsel dalgalar hâlâ uzayda dolaşıyor olabilir. Tespit edilen kütleçekimsel dalgalarda bu dönemden kalma bileşenler olması da muhtemel. Bu dalgalar, Büyük Patlama'dan sonraki ilk anlar hakkında önemli bilgiler sağlayabilir. ■

Kaynaklar

- Agazie, G., ve ark., "The NANOGrav 15 yr Data Set: Evidence for a Gravitational-wave Background", *The Astrophysical Journal Letters*, Cilt 951, Makale: L8, 2023.
- Antoniadis, J., ve ark., "The second data release from the European Pulsar Timing Array III. Search for gravitational wave signals", *arXiv*, <https://arxiv.org/abs/2306.16214>, 2023.
- Reardon, D. J., ve ark., "Search for an Isotropic Gravitational-Wave Background with the Parkes Pulsar Timing Array", *The Astrophysical Journal Letters*, Cilt 951, Makale: L6, 2023.
- Xu, H., ve ark., "Searching for the Nano-Hertz Stochastic Gravitational Wave Background with the Chinese Pulsar Timing Array Data Release I", *Research in Astronomy and Astrophysics*, Cilt 23, Makale No: 075024, 2023.
- Castelvecchi, D., "Monster Gravitational Waves Spotted for the First Time", *Nature*, Cilt 619, s. 13, 2013.
- Castelvecchi, D., "Giant Gravitational Waves: Why Scientists Are So Excited", *Nature*, <https://www.nature.com/articles/d41586-023-02203-6>, 2023.