

A Virgo és a LIGO a fekete lyukak új és váratlan populációjára bukkant

A Virgo és a LIGO egy szokatlanul nagy tömegű összeütköző kettős rendszer megfigyelését jelentette be: két, 66 és 85 naptömegű fekete lyuk észlelését, melyek ütközésével egy 142 naptömegű fekete lyuk keletkezett. Az összeütközésből keletkezett fekete lyuk a legnagyobb tömegű, amelyet eddig gravitációs hullámok segítségével megfigyeltek, és ez olyan tömegtartományba esik, amelyen belül még soha nem történt fekete lyuk észlelés sem gravitációs hullámokkal, sem elektromágneses megfigyelések segítségével. Mindez segíthet megmagyarázni a szupermasszív fekete lyukak kialakulását. Ezen felül a kettős rendszer nagyobb tömegű komponense a csillagok evolúcióelmélete által tiltott tömegtartományba esik, és megkérdőjelezi a nagy tömegű csillagok életének utolsó időszakára vonatkozó ismereteinket.

Az olaszországi Advanced Virgo detektort működtető Európai Gravitációs Obszervatóriumban (EGO), valamint a két amerikai Advanced LIGO kutatói bejelentették, hogy egy körülbelül 142 naptömegű fekete lyukat észleltek, ami két, 66 és 85 naptömegű fekete lyuk összeütközésével jött létre. Mind a kezdeti komponensek, mind az ütközés után kialakult fekete lyuk olyan tömegtartományba esik, amit eddig nem figyeltek meg sem gravitációs, sem elektromágneses észlelések segítségével. A kialakult fekete lyuk tömege a legnagyobb, amit eddig gravitációs hullámok segítségével észleltek. A gravitációshullám-eseményt a globális detektorhálózat három interferométere 2019. május 21-én figyelte meg. A hullámjelet (GW190521 néven) elemző kutatók a forrás luminozitási távolságát körülbelül 17 milliárd fényévre becsülik. A felfedezésről és annak asztrofizikai következményeiről beszámoló két tudományos cikk ma jelent meg a *Physical Review Letters* és az *Astrophysical Journal Letters* folyóiratokban.

„A tavaly május 21-én megfigyelt jel nagyon összetett, és mivel az észlelt rendszer nagy tömegű, a hullámjelet csak rövid ideig, kb. 0,1 másodpercig figyeltük meg” – mondja Nelson Christensen a Virgo együttműködés tagja, a CNRS kutatási igazgatója az ARTEMIS-nél Nizzában. „Ez nem igazán úgy néz ki, mint egy hagyományos »chirp« jel, amit általában észlelünk: inkább valami olyasmi, ami »durran«, és az azt létrehozó rendszer a legnagyobb tömegű, amit a LIGO és a Virgo eddig észlelt.” A jel elemzése, amely a legkorszerűbb számítási modelleken alapul, számos információt tárt fel az ütközés különböző szakaszairól.

A Virgo és a LIGO megfigyelési időszakok tömegrekordjának megdöntése csak egyike azoknak a különlegességeknek, amelyek ennek a kivételes összeütközésnek a megfigyelését példátlan felfedezéssé teszik. Egy fontos szempont, ami az asztrofizikusok figyelmét különösen felkeltette az az, hogy a maradvány az úgynevezett „közepes tömegű fekete lyukak” osztályába (száz és százezer naptömeg között) tartozik. Az ebbe a populációba tartozó fekete lyukak iránti érdeklődés az asztrofizikusok és kozmológusok részéről az egyik legizgalmasabb és legnagyobb kihívást jelentő rejtvényhez kapcsolódik: a szupermasszív fekete lyukak eredetéhez. Ezek a hatalmas, a Napnál milliószor, milliárdszor nehezebb szörnyek, amelyek gyakran a galaxisok középpontjában vannak, a „kisebb” közepes tömegű fekete lyukak ütközéséből alakulhatnak ki.

Eddig nem azonosítottak bizonyíthatóan közepes tömegű fekete lyukakat elektromágneses megfigyelésekkel, és a GW190521 ütközés után kialakult fekete lyuk az első ilyen megfigyelés

gravitációs hullámok segítségével. Még érdekesebb, hogy a maradvány tömege 100 és 100,000 naptömeg közé esik, ami sok éven át egyfajta „feketelyuk-sivatagot” jelentett az eseményjelöltek ezen a tartományon belüli kevés számának köszönhetően.

A GW190521 összeütköző kettős rendszer komponensei és dinamikája rendkívüli asztrofizikai következtetésekre ad lehetőséget. A nagyobb tömegű komponens további kérdéseket vet fel azokkal a modellekkel kapcsolatban, amelyek a nagy tömegű csillagok fekete lyukakká történő összeomlását írják le életük végén. Ezen modellek alapján a nagy tömegű csillagokat teljesen szétszakítja a „pár-instabilitási” folyamat miatt bekövetkező szupernóva-robbanás, ami mindössze gázt és kozmikus port hagy maga után. Ennek következtében az asztrofizikusok nem várnak fekete lyuk megfigyeléseket a nagyjából 60 és 120 naptömeg közé eső tartományban: pontosan abban a tömegtartományban, amelyben a GW190521 jelet kibocsájtó kettős rendszer nagyobb tömegű komponense található. Ezért ez a megfigyelés új távlatokat nyit a nagy tömegű csillagok és szupernóvamechanizmusok tanulmányozásában.

„Számos forgatókönyv jósolja meg fekete lyukak kialakulását az úgynevezett »pár-instabilitási tömegtartományban«: kisebb fekete lyukak összeolvadásából, (több) nagytömegű csillag ütközéséből vagy akár egzotikusabb folyamatokból is származhatnak” – állapítja meg Michela Mapelli, a Padovai Egyetem professzora, az INFN Padova és a Virgo együttműködés tagja. „Azonban az is lehetséges, hogy felül kell vizsgálnunk a csillagok életének végső szakaszáról alkotott képünket és az ebből eredő korlátozásokat a kialakuló fekete lyukak tömegére. Akárhogy is legyen, a GW190521 jelentősen hozzájárul a fekete lyukak kialakulásának tanulmányozásához.”

A GW190521 megfigyelés rávilágít a mindezidáig nem észlelt vagy váratlan feketelyuk-populációk létezésére, és ez által érdekes, új kérdéseket vet fel kialakulásuk mechanizmusával kapcsolatban. A jel szokatlanul rövid időtartama ellenére, ami korlátoz minket abban, hogy a forrás asztrofizikai tulajdonságaira következtethessünk, a legfejlettebb elemzések és a jelenleg rendelkezésre álló modellek azt sugallják, hogy a kezdeti fekete lyukaknak nagy spinjei voltak, vagyis a komponensek gyorsan forogtak.

„A jel a precesszió, azaz a keringési sík elfordulásának nyomait mutatja, amelyet nagy magnitúdójú és egyedi szögállású spinek hozhattak létre” – fejti ki Tito Dal Canton, a Francia Nemzeti Tudományos Kutatóközpont (CNRS) franciaországi Orsayban működő IJCLab laboratóriumának kutatója és a Virgo együttműködés tagja. „A hatás gyenge, és nem állíthatjuk, hogy határozottan jelen van, de ha igaz, akkor ez alátámasztaná azt a hipotézist, miszerint a fekete lyuk elődök (progenitorok) egy nagyon zsúfolt kozmikus környezetben keletkeztek és élhettek, például egy sűrű csillaghalmazban vagy egy aktív galaxismag akkréciós korongjában.”

Továbbra is számos eltérő forgatókönyv egyeztethető össze a kapott eredményekkel. A kutatók még azt az elképzelést sem vetették el, hogy az összeütköző objektumok esetleg ősi, az ősröbbségből származó fekete lyukak lehetnek. Becsléseink szerint ez az összeütközés körülbelül 7 milliárd évvel ezelőtt, az Univerzum korai időszakában történt.

A megfigyelt GW190521 jel nagyon rövid időtartamú és nehezebben elemezhető a korábbi gravitációs hullám-észlelésekhez képest. A jel bonyolultabb jellege miatt az eddigiektől eltérő, különleges forrásokat is figyelembe vettek, és ezeket a lehetőségeket egy kísérő publikáció ismerteti. Ezek a lehetőségek azonban kedvezőtlen megítélésűek abban a tekintetben, hogy a forrás egy összeütköző fekete lyuk kettős volt.

„A Virgo és a LIGO észlelései a korai Univerzum eddig ismeretlen régióiba engednek betekintést és egy új kozmikus tájképet mutatnak meg” – állapítja meg Giovanni Losurdo, a Virgo szóvivője és az Olasz Nemzeti Nukleáris Fizikai Intézet (INFN) kutatási vezetője. „Most ismét bejelentünk egy mind



ez idáig példátlan felfedezést. Folyamatosan fejlesztjük a detektorainkat, hogy növeljük a teljesítményüket, és egyre távolabbra nézhessünk az Univerzum mélyébe.”

A LIGO-Virgo együttműködések munkájában három magyar kutatócsoport is részt vesz, és a fentihez hasonló eredmények eléréséhez járul hozzá. A Dr. Vasúth Mátyás vezette, a Wigner Fizikai Kutatóközpontban működő Gravitációfizikai Kutatócsoportja 2010-től a Virgo együttműködés tagja. Az Eötvös Gravity Research Group (EGRG) az Eötvös Loránd Tudományegyetemen működik Dr. Frei Zsolt vezetésével, ami 2007 óta az LSC tagja. Szintén a LIGO együttműködés tagja a Szegedi Tudományegyetem gravitációs hullámok kutatásával foglalkozó, Dr. Gergely Árpád László vezette kutatócsoportja, mely 2009-től az ELTE csoport külső tagjaként, 2014-től pedig önállóan vesz részt a kutatásokban. A három magyarországi kutatócsoporton kívül is vannak magyar résztvevői az együttműködésnek, Bartos Imre a Floridai Egyetem, Márka Szabolcs és Márka Zsuzsa pedig a Columbia Egyetem kutatójaként vesz részt a kutatásokban.

„Annak ellenére, hogy a LIGO és a Virgo már több tucat ütközést észlelt, a GW190521 az első, ahol az ütközés módjáról is információt kapunk. Ráadásul ez a mód nagyon érdekes és meglepő!” – mondta Bartos Imre, a Floridai Egyetem professzora, aki a LIGO és Virgo együttműködések közepes tömegű fekete lyuk kutatócsoportját vezeti. Az ütközést a Floridai Egyetemen kifejlesztett keresőalgoritmus találta meg a legnagyobb érzékenységgel.

„A megfigyelt hullámjel nagyon rövid ideig tartott, de ez nem volt akadálya annak, hogy a forrásáról nagyon sok fontos részletet tudjunk meg. A detektorok érzékenységének növekedésével több hasonló megfigyelésre is számíthatunk” – mondta Vasúth Mátyás a Wigner Virgo csoport vezetője.

További információk a gravitációshullám-obszervatóriumokról:

A Virgo együttműködést 13 ország, Belgium, Franciaország, Németország, Görögország, Magyarország, Írország, Olaszország, Hollandia, Lengyelország, Portugália, Spanyolország, Monaco és Japán 109 intézetének közel 580 kutatója, mérnöke és technikusa alkotja. Az Európai Gravitációs Obszervatóriumot (EGO), ahol a Virgo detektor is működik Pisa mellett Olaszországban, a franciaországi Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), az olaszországi Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) és a holland Nikhef intézetek támogatják. A Virgo együttműködés tagjainak listája a <http://public.virgo-gw.eu/the-virgo-collaboration/> címen található. További információk a <http://www.virgo-gw.eu/> Virgo honlapon található.

A LIGO-t az NSF támogatja és a Caltech, valamint az MIT egyetemek működtetik. Az Advanced LIGO detektorok pénzügyi támogatását az NSF Németországgal közösen (Max Planck Society) biztosította, Anglia (Science and Technology Facilities Council) és Ausztrália (Australian Research Council) pedig jelentős kötelezettségvállalásokkal és hozzájárulásokkal segítette a projektet. A világ minden tájáról közel 1300 kutató vesz részt a LIGO tudományos együttműködésben, amely magába foglalja a GEO kollaborációt is. A további partnerek listája megtalálható a <https://my.ligo.org/census.php> oldalon.

Médiakapcsolat

Wigner Kommunikációs Iroda

Dovicsin-Péntek Csilla
+36 1 392 2222/3270, +36 30 487 9869
pentek.csilla@wigner.hu

Eötvös Loránd Tudományegyetem, LIGO tagscsoport

Csoportvezető: Frei Zsolt
Tel.: +36-1 372-2767



Email: frei@alcyone.elte.hu

Web: egrg.elte.hu



Szegedi Tudományegyetem, LIGO tagsoport

Csoportvezető: Gergely Árpád László

Honlap [ITT](#)

Nemzetközi kapcsolat

EGO

Vincenzo Napolano

napolano@ego-gw.it

+393472994985

Virgo

Livia Conti

livia.conti@pd.infn.it

CNRS, France

Véronique Etienne

veronique.etienne@cnrs.fr

+33 1 44 96 51 37

INFN, Italy

Antonella Varaschin

antonella.varaschin@presid.infn.it

Nikhef, Netherlands

Martijn van Calmthout

martijn.van.calmthout@nikhef.nl

+31 6 46637876



Caltech

Whitney Clavin

wclavin@caltech.edu

626-390-9601

MIT

Abigail Abazorius

abbya@mit.edu

617-253-2709

NSF

Josh Chamot

jchamot@nsf.gov

703-292-4489