

2016. február 5-ei verzió, L1600013-v2

## SAJTÓKÖZLEMÉNY

Azonnali közlésre  
2016. február 11.

Magyar szöveg:  
Raffai Péter  
adjunktus, ELTE Atomfizikai Tanszék  
praffai@bolyai.elte.hu

### GRAVITÁCIÓS HULLÁMOKAT ÉSZLELTEK SZÁZ ÉVVEL EINSTEIN ELŐREJELZÉSE UTÁN

*A LIGO összeütköző fekete lyukakból érkezett gravitációs hullámok észlelésével új  
ablakot nyitott a világegyetemre*

WASHINGTON D.C./Cascina, Olaszország

Először történt, hogy tudósok a téridő “gravitációs hullámoknak” nevezett fodrozódásait megfigyelték, miután azok a távoli univerzum egy kataklizmikus eseményében keletkezve elérték a Földet. Az észlelés igazolja Albert Einstein 1915-ben közölt általános relativitáselméletének egyik legfőbb előrejelzését, és eddig példa nélküli, új ablakot nyit a világegyetemre.

A gravitációs hullámok olyan információt hordoznak a forrásaikról és a gravitáció természetéről, amikhez másként nem juthatunk hozzá. A fizikusok arra a következtetésre jutottak, hogy az észlelt gravitációs hullámok két fekete lyuk összeolvadásának utolsó tizedmásodperceiben keletkeztek, amikor azok egy még nagyobb tömegű, forgó fekete lyukká egyesültek. Két fekete lyuk ilyen ütközését már korábban előrejelezték, mostanáig azonban még sohasem figyelték meg.

A gravitációs hullámokat 2015. szeptember 14-én, magyar idő szerint délelőtt 10:51 perckor észlelte a Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory (LIGO) mindkét detektora, amelyek az amerikai egyesült államokbeli Livingstonban (Louisiana állam) és Hanfordban (Washington állam) találhatóak. A LIGO obszervatóriumokat a National Science Foundation (NSF) finanszírozza, a tervezésüket, megépítésüket, és működtetésüket a Caltech és MIT egyetemek végezték. A felfedezést, amelyet bemutató szócikkét a Physical Review Letters folyóirat közlésre elfogadott, a (GEO600 kollaborációt és az Australian Consortium for Interferometric Gravitational Astronomy konzorciumot is magába foglaló) LIGO Scientific Collaboration, és a Virgo Collaboration jegyzi. A felfedezést a két kollaboráció a LIGO detektorokkal érte el.

A megfigyelt jelek alapján a LIGO tudósai az eseményben résztvevő fekete lyukak tömegét a Nap tömegének 29-szeresének és 36-szorosának becsülik, az eseményt pedig 1,3 milliárd évvel ezelőttinek. A kettős a másodperc törtrésze alatt a Nap tömege háromszorosának megfelelő energiát alakított gravitációs hullámokká - ez a jel csúcánál mintegy 50-szerese annak a sugárzási teljesítménynek, amit a teljes

belátható világegyetem fényhullámok formájában kibocsájt. A jelek beérkezési idői alapján — a livingstoni detektor az eseményt 7 ezredmásodperccel előbb rögzítette, mint a hanfordi detektor - a tudósok a jelforrást a déli égbolton lokalizálták.

Az általános relativitáselmélet szerint két egymás körül keringő fekete lyuk gravitációs hullámok kibocsátásával energiát veszít, emiatt évmilliárdok alatt egyre közelebb kerülnek egymáshoz, mígnem az összeolvadásuk előtti utolsó percekben a folyamat rendkívül felgyorsul. Az utolsó tizedmásodpercekben a két fekete lyuk közel a fénysebesség felével ütközik egymásnak, egyetlen, még nagyobb tömegű fekete lyukká összeolvadva, a közös tömegük egy részét pedig (Einstein  $E=mc^2$  képletének megfelelően) kisugárzott energiává alakítva. A kettős ezt az energiát bocsátja ki gravitációs hullámok egy nagyenergiájú kitöréseként. Ezek a gravitációs hullámok azok, amelyeket a LIGO megfigyelt.

A gravitációs hullámok létezését először az 1970-es években Russell Hulse, ifj. Joseph Taylor, és kollégáik igazolták. Taylor és Russell Hulse 1974-ben egy kettősrendszert fedeztek fel, amiben egy pulzár egy neutroncsillag körül kering. Taylor és Joel M. Weisberg 1982-ben azt találták, hogy a pulzár pályája idővel zsugorodik, mivel a rendszer gravitációs hullámok kibocsátásával energiát veszít. Hulse-t és Taylor-t 1993-ban fizikai Nobel-díjjal jutalmazták a pulzár felfedezéséért és annak kimutatásáért, hogy a pulzár lehetővé teszi a gravitációs hullámoknak ezt a fajta kimutatását.

A LIGO új felfedezése maguknak a gravitációs hullámoknak az első megfigyelését valósítja meg, azoknak az apró zavaroknak a kimérésével, amelyeket a hullámok a Földön áthaladásuk közben a térben és időben okoznak.

“A gravitációshullám-megfigyelésünk egy több mint öt évtizedes ambíciózus célkitűzést valósít meg, hogy közvetlenül észleljük ezt a nehezen megfogható jelenséget, és jobban megértsük a világegyetemet. Méltó beteljesítője ez Einstein életművének, az általános relativitáselmélete 100 éves évfordulóján.” - mondja David H. Reitze, a Caltech szakembere, a LIGO Laboratory főigazgatója.

A felfedezést az Advanced LIGO megnövelt teljesítménye tette lehetővé, egy nagyszabású fejlesztőmunka eredményeként, amiben a műszerek érzékenysége az elsőgenerációs LIGO detektorokéhoz képest megnövekedett. A fejlesztés lehetővé tette, hogy nagymértékben megnőjön az univerzum megfigyelt térfogata - és hogy a gravitációs hullámok felfedezése megtörténjen az első megfigyelési időszak alatt. Az amerikai National Science Foundation az Advanced LIGO vezető pénzügyi támogatója. Támogató szervezetek Németországból (Max Planck Társaság), az Egyesült Királyságból (Tudomány és Technológiai Testület vagy STFC), és Ausztráliából (Ausztrál Kutatási Tanács) szintén jelentős hozzájárulást nyújtottak a programhoz. Számos kulcsfontosságú technológiát, amelyek az Advanced LIGO-t jelentősen érzékenyebbé tették, a német-brit GEO együttműködés fejlesztett ki és tesztelt. Jelentős számítástechnikai erőforrásokat biztosított az AEI Atlas klasztere, a LIGO Laboratory, a Syracuse Egyetem, és a Wisconsin-Milwaukee Egyetem. Számos egyetem tervezett, épített, és tesztelt kritikus elemeket az Advanced LIGO számára: az Ausztrál Nemzeti Egyetem, az Adelaide-i Egyetem, a Floridai Egyetem, a Stanford-i Egyetem, a New York-i Columbia Egyetem, és a Louisiana Állami Egyetem.

“1992-ben, amikor a LIGO kezdőtámogatása elfogadásra került, a legnagyobb beruházást jelentette, amit az NSF valaha vállalt.” - mondja France Córdova, az NSF igazgatója. “Nagy kockázat volt. De a National Science Foundation az az ügynökség, aki vállalja az e fajta kockázatokat. Alaputatást és mérnöki munkákat támogatunk a felfedezéshez vezető útnak azon a szakaszán, amikor az az út még egyáltalán nem belátható. Úttörőket támogatunk. Ezért képes az Egyesült Államok világelső lenni az emberi tudás előmozdításában.”

A LIGO kutatási programot a LIGO Tudományos Együttműködés (LIGO Scientific Collaboration vagy LSC) végzi, amely ezernél is több tudós közössége, az Egyesült Államok és 14 másik ország egyeteméről. Az LSC tagjaként több mint 90 egyetem és kutatóintézet dolgozik a detektorok műszeres fejlesztésén és az adatok kiértékelésén; az együttműködésnek mintegy 250 egyetemi hallgató is jelentős hozzájárulást adó tagja. Az LSC detektorhálózatának a LIGO interferométerei és a GEO600 detektor a tagjai. A GEO tagsága a Max Planck Gravitációfizikai Intézet (Albert Einstein Intitut vagy AEI), a hannoveri Leibniz Egyetem, valamint a Glasgow-i Egyetem, a Cardiff-i Egyetem, a Birmingham-i Egyetem, az Egyesült Királyság további más egyetemeinek, valamint spanyolországi Baleár-szigeteki Egyetem tudósaiból áll.

“Ez az észlelés egy új korszak kezdetét jelenti: a gravitációshullám-csillagászat immár valóság.” - mondja Gabriela González, az LSC szóvivője, a Louisiana Állami Egyetem fizika és csillagászat professzora.

A LIGO-t, mint a gravitációs hullámok észlelésének eszközét, az 1980-as években Rainer Weiss, az MIT fizika emeritus professzora, Kip Thorne, a Caltech Richard P. Feynman díjas elméleti fizika professzora, és Ronald Drever, a Caltech fizika emeritus professzora javasolták.

“Ezt a megfigyelést Einstein száz éve megfogalmazott általános relativitáselmélete gyönyörűen megmagyarázza, és az elmélet első tesztjét jelenti erős gravitációs mezőben. Nagyszerű lett volna látni Einstein arcát, ha elmondhattuk volna neki.” - mondja Weiss.

“Ezzel a felfedezéssel, mi, emberek, csodálatos, új kalandba vágunk bele: kalandba, amiben feltárjuk a világegyetem görbült oldalát - objektumokat és jelenségeket, amik görbült téridőből születnek. Az ütköző fekete lyukak és a gravitációs hullámok az első gyönyörű példánk erre.” - mondja Thorne.

A Virgo kutatási programon a Virgo Együttműködés (Virgo Collaboration) dolgozik, amely több mint 250 fizikusból és mérnökből áll, akik 19 különböző európai kutatócsoporthoz tartoznak: közülük 6 a franciaországi Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), 8 az olaszországi Nazionale de Fisica Nucleare (INFN), 2 a holland Nikhef tagja. További tagok a magyarországi Wigner Fizikai Kutatóközpont, a lengyelországi POLGRAW csoport, és az European Gravitational Observatory (EGO), amely a Virgo interferométert is működteti Pisa közelében, Olaszországban.

Fulvio Ricci, a Virgo szóvivője megjegyezte: “Ez a fizika egy jelentős mérföldköve, de ennél is fontosabb, hogy számos új és izgalmas asztrofizikai felfedezés előhírnöke, amelyek még a LIGO-ra és a Virgo-ra várnak.”

Bruce Allen, a Max Planck Gravitációfizikai Intézet (Albert Einstein Institut) igazgatója hozzátette: “Einstein azt gondolta, hogy a gravitációs hullámok túl gyengék ahhoz, hogy észleljük őket, és nem hitt a fekete lyukak létezésében sem. De nem hiszem, hogy bánta volna, hogy ezekben tévedett!”

“Az Advanced LIGO detektorok a tudomány és technológia csúcsteljesítményei, amelyeket technikusok, mérnökök, és tudósok egy valóban kivételes nemzetközi csapata valósított meg.” - mondja David Shoemaker, az MIT szakembere, az Advanced LIGO programigazgatója. “Nagyon büszkék vagyunk rá, hogy határidőn és költségterven belül fejeztük be ezt az NSF-támogatott programot.”

Mindkét obszervatóriumban a 4 kilométer hosszú karokkal rendelkező, L-alakú LIGO interferométerek egy lézernyalábot osztanak két ágra, amelyek oda-vissza haladnak a karokban (a több, mint egy méter átmérőjű acélcsővekben, amelyekben közel tökéletes vákuum van). A nyalábokkal a karok végén precízen elhelyezett tükrök távolságának folyamatos megfigyelése történik. Einstein elmélete szerint a tükrök közötti távolság rendkívül kis mértékben megváltozik, amikor a detektoron egy gravitációs hullám áthalad. A karok hosszában egy proton átmérője tízezred részének (vagyis  $10^{-19}$  méternek) megfelelő távolságváltozás is észlelhető.

“Tudósok egy világméretű együttműködésére volt szükség ahhoz, hogy ez a fantasztikus mérföldkö lehetősévé váljon. A mi GEO600 detektorunk számára kifejlesztett lézer- és felfüggesztési technológiát használtuk annak elősegítésére, hogy az Advanced LIGO a valaha megalkotott legkifinomultabb gravitációshullám-detektorrá váljon.” - mondja Sheila Rowan, a Glasgow-i Egyetem fizika és csillagászat professzora.

Független, egymástól távoli obszervatóriumok szükségesek ahhoz, hogy a gravitációs hullámokat kibocsátó esemény égi irányát meghatározzuk, és hogy megerősítsük, hogy a jelek az űrből érkeztek, nem pedig valamilyen helyi hatásból.

“Remélhetőleg ez az első megfigyelés felgyorsítja majd a detektorok világméretű hálózatának kiépítését, hogy lehetővé váljon a pontos forrásirány-meghatározás a többesatornás csillagászat korszakában.” - mondja David McClelland fizikaprofesszor, az Ausztrál Nemzeti Egyetemen működő Gravitációs Fizika Központ igazgatója.

###

**Eötvös Loránd Tudományegyetem**

Frei Zsolt

csoportvezető, Eötvös Gravity Research Group

+36-1 372-2767

frei@alcyone.elte.hu

**Caltech**

Kathy Svitil  
hír- és tartalomstratégiai igazgató  
626-676-7628 (mobil)  
ksvitil@caltech.edu

**MIT**

Kimberly Allen  
sajtókapcsolati igazgató  
igazgatóhelyettes, MIT Sajtóiroda  
617-253-2702 (munkahelyi)  
617-852-6094 (mobil)  
allenkc@mit.edu

**NSF**

Ivy Kupec  
sajtótitkár  
703-292-8796 (munkahelyi)  
703-225-8216 (mobil)  
ikupec@nsf.gov

**GEO**

Susanne Milde  
milde@mildemarketing.de  
+49 331 583 93 55 (munkahelyi)  
+49 172 3931349 (mobil)

**Tudomány és Technológiai Testület, Egyesült Királyság**

Terry O'Connor  
terry.o'connor@stfc.ac.uk  
+44 1793 442006 (munkahelyi)  
+44 77 68 00 61 84 (mobil)

**Max Planck Gravitációfizikai Intézet, Hannover**

Benjamin Knispel  
sajtótitkár  
+49 511 762 19104  
benjamin.knispel@aei.mpg.de