

Tíz éve megjósolták, most meg is találták: magyar kutatók a galaxisok közepéről kilöködött óriás fekete lyukak nyomára bukkantak

Az ELTE kutatói mintegy százezer kvazár, vagyis rendkívül fényes galaxismag adatainak elemzésével statisztikai bizonyítékot találtak arra, hogy a galaxisok közepében található szupernagy tömegű fekete lyukak egy része a keletkezésük után kilöködött a helyéről. Az adatokban most megtalált összefüggést ugyanennek a csoportnak a tagjai, Raffai Péter és Frei Zsolt, Haiman Zoltánnal együtt már tíz évvel ezelőtt megjósolták. A mostani vizsgálatot az ELTE-n végzett, ma a Birminghami Egyetemen dolgozó Bécsy Bence vezette. Az eredmény a [Monthly Notices of the Royal Astronomical Society](#) folyóiratban jelent meg.

Fekete lyukak, amelyek kilöködnek a helyükről

Minden nagy galaxis közepén található egy szupernagy tömegű fekete lyuk, amelynek tömege a Nap tömegének milliószorosa, de akár milliárdszorosa is lehet. Amikor két galaxis összeolvad, a központi fekete lyukaik is egymás közelébe kerülnek, kettős rendszert alkotnak, gravitációs hullámokat sugároznak, végül pedig maguk is összeolvadnak, egy még nagyobb fekete lyukat hagyva hátra.

Az összeolvadás utolsó pillanataiban rendkívül erős gravitációs hullámok keletkeznek. Ha ezek nem egyformán sugárzódnak ki minden irányba, a visszamaradó fekete lyuk erős „visszarúgást” kap, hasonlóan a puskához, amelyből kilőttek egy golyót. Az így meglökött fekete lyuk sebessége elérheti az óránként több millió kilométert, és kimozdul a galaxis közepéből.

A meglökött fekete lyuk azonban nem tűnik el. Ha a lökés nem elég erős ahhoz, hogy a fekete lyuk elhagyja a galaxist, akkor visszazuhan, átszáguld a galaxis közepén, a túloldalon lelassul és visszafordul. Hosszú ideig leng így ide-oda a galaxis magja körül, mint egy inga, és pont ahogy az inga is a pálya legalján a leggyorsabb, a fekete lyuk is akkor mozog a leggyorsabban, amikor éppen a galaxis közepén halad át.

Az általános relativitáselmélet szerint ilyen visszarúgásnak léteznie kell, a jelenséget azonban eddig nem sikerült egyértelműen kimutatni. A csillagászat már ismert néhány egyedi jelöltet, de ezeknél más magyarázatokat sem lehetett kizárni. A mostani kutatás ezért nem egyetlen különleges objektumot keresett, hanem azt vizsgálta, hogy sok tízezer kvazár adataiban együttesen megjelenik-e a kilöködött fekete lyukak statisztikai jele.

A kvazárok elárulják a fekete lyukak mozgását

A szupermasszív fekete lyukak egy része aktív: nagy mennyiségű gázt nyel el a környezetéből, és eközben rendkívül erős sugárzást bocsát ki. Az ilyen fényes, aktív galaxismagokat nevezzük kvazároknak. A kvazárok fényéből két olyan információ is kiolvasható, amelyre a kutatóknak szükségük volt.

Az egyik információ a fekete lyuk sebessége. A fekete lyukat szorosan körülvevő gáz együtt mozog vele, a lyuktól valamivel távolabb lévő gáz viszont nem. A két gáz fénye ezért kissé eltolódik egymáshoz képest, épp úgy, ahogy a közeledő vagy távolodó mentőautó szirénája is magasabbnak

vagy mélyebbnek hallatszik egy álló mentőautó szirénájához képest. Ebből az apró eltolódásból meghatározható, milyen gyorsan mozog a fekete lyuk a saját galaxisához képest.

A másik információ a por mennyisége. A fekete lyuk körüli por vörösebbé teszi a kvazár fényét, ahogy a lenyugvó Nap is vörösnek látszik a vastag levegőrétegen át. Ha egy kvazár vörösebb a hozzá hasonlókhöz képest, az annak a jele, hogy több por takarja.

Az ELTE-n született jóslat

Raffai Péter, Haiman Zoltán és Frei Zsolt 2016-ban számítógépes modellekkel azt vizsgálta, mit látnánk, ha a kvazárok egy részében a fekete lyuk a galaxis magja körül ingázó, kilöködött objektum lenne. Arra jutottak, hogy a sebesség és a pormennyiség között összefüggésnek kell lennie: a fekete lyuk a galaxis közepén mozog a leggyorsabban, és éppen ott a legsűrűbb a por is. A gyorsabban mozgó fekete lyukakat tartalmazó kvazárokat tehát átlagosan több pornak kell takarnia. A szerzők már akkor rámutattak, hogy ezt az összefüggést nagy kvazárkatalógusok valódi adataiban lehet megkeresni.

„Az összefüggést, amelyet egykor megjósoltunk, most valódi megfigyelési adatokban is kimutattuk. Nehéz ennél jobb példát mondani arra, miért nagyszerű kutatónak lenni. Az eredményeink segíthetnek megérteni, milyen folyamatok zajlanak a galaxisok magjaiban, és milyen szerepet játszanak ezekben az einsteini gravitációs hullámok” – mondta Raffai Péter, az ELTE egyetemi docense, a 2016-os munka első szerzője.

Százezer kvazár adataiban találták meg a megjósolt jelet

Az elméletet bizonyító vizsgálatot Bécsy Bence és munkatársai végezték el. A kutatók a *Sloan Digital Sky Survey* égboltfelmérés kvazárkatalógusából mintegy százezer olyan kvazárt elemeztek, amelyről megfelelő minőségű adatok álltak rendelkezésre. Mindegyiknél meghatározták a fekete lyuk sebességét és a kvazár vörösödését, majd megvizsgálták, van-e kapcsolat a kettő között.

Az adatokban megjelent a tíz éve megjósolt összefüggés: a gyorsabban mozgó fekete lyukakat tartalmazó kvazárok átlagosan vörösebbek, vagyis több por takarja őket. Az egyedi kvazárok közötti természetes eltérések miatt a kapcsolat egy-egy objektum esetén nehezen mutatható ki, a hatalmas mintában azonban statisztikailag rendkívül erős. A leglátványosabb különbség a legporosabb kvazároknál mutatkozik: a leggyorsabban mozgó fekete lyukakat tartalmazó kvazárok között háromszor akkora arányban találni erősen porba burkolt objektumokat, mint a leglassabbak között.

„Egyetlen kvazárról nagyon nehéz bizonyítani, hogy a fekete lyuka kilöködött, mert más jelenségek is okozhatnak hasonló jeleket. Kutatásunk újdonsága, hogy nem egyedi jelölteket, hanem egy egész populáció nyomait kerestük statisztikai módszerekkel. Így sikerült egy olyan összefüggést kimutatnunk, amely összhangban van az elméleti előrejelzésekkel” – mondta Bécsy Bence, a tanulmány első szerzője.

A kutatók több ellenőrző vizsgálatot is végeztek. Az eredmény különböző adatválogatási és mérési eljárások mellett is fennmaradt, amikor pedig csak olyan gázfelhők fényét hasonlították össze, amelyek egyike sem követi a fekete lyuk mozgását, a pozitív kapcsolat nem jelent meg.

A megfigyelt összefüggés legtermészetesebb magyarázata az, hogy a vizsgált kvazárok egy részében

egy korábbi összeolvadás után kilöködött szupermasszív fekete lyukat látunk. Ha ez az értelmezés helyes, a jel erősségéből az is következik, hogy a vizsgált kvazárok nagyjából felében a közelmúltban olvadt össze két fekete lyuk. A szerzők ugyanakkor hangsúlyozzák, hogy ez a becslés még bizonytalan, és más fizikai folyamatokat sem lehet teljesen kizárni. Ehhez további megfigyelésekre és részletesebb modellekre lesz szükség.

Az ELTE-től Birminghamig

A tanulmány első szerzője Bécsy Bence, aki fizikusként az Eötvös Loránd Tudományegyetemen végzett, diplomamunkáját Raffai Péter témavezetésével készítette, majd tudományos pályáját külföldön folytatta. Jelenleg az angliai Birminghami Egyetem adjunktusa. Tagja a NANOGrav együttműködésnek is, amely pulzárok jeleit használja a szupermasszív fekete lyuk-kettősök nagyon alacsony frekvenciájú gravitációs hullámainak kutatására. Ezeket a hullámokat [2023-ban sikerült először kimutatni](#).

A kutatás ELTE-s szerzői Raffai Péter egyetemi docens és Frei Zsolt egyetemi tanár, az ELTE Fizikai és Csillagászati Intézet, valamint a HUN-REN – ELTE Extragalaktikus Asztrofizikai Kutatócsoport munkatársai. A tanulmány társszerzője Haiman Zoltán, az Institute of Science and Technology Austria és a Columbia University professzora, aki a 2016-os elméleti munkának is szerzője volt, valamint Budai Andor, aki korábban az ELTE-n Raffai Péter doktorandusza volt.

Mit jelent ez a jövőre nézve?

Az eredmény egy tíz évvel ezelőtt az ELTE-n megfogalmazott jóslat első nagymintás megfigyelési ellenőrzése. Ha az értelmezést további kutatások is megerősítik, a módszerrel azt is vizsgálni lehet majd, milyen gyakran olvadnak össze a szupermasszív fekete lyukak, milyen sebességgel lökődnek ki, és milyen környezet veszi őket körül.

A kilöködött fekete lyukak kutatása egyúttal a jövő legnagyobb gravitációshullám-műszerének előkészítése is. Az Európai Űrügynökség 2035-ben indítja útjára a LISA űrobszervatóriumot: három, egymástól 2,5 millió kilométerre keringő űrszondát, amely közvetlenül fogja észlelni a szupermasszív fekete lyukak összeolvadásának gravitációs hullámait, vagyis éppen azokat az eseményeket, amelyeknek a nyomát most a kvazárok fényében megtalálták. Az ELTE kutatói 2006 óta dolgoznak a LISA tudományos előkészítésén, 2026-tól pedig új keretben folytatják: a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal augusztusi döntésével az ELTE-n létrejön a Kármán Tódor Űrtudományi Misszióvezérelt Nemzeti Laboratórium, amelynek együttműködő intézete a HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Konkoly Obszervatóriuma. A négyéves, 1,12 milliárd forintos program vezető kutatója Frei Zsolt. Gravitációshullám-részének középpontjában azoknak a hullámforma-modelleknek a kidolgozása áll, amelyek nélkül a LISA jeleiből nem lehet majd kiolvasni a fekete lyukak tömegét, távolságát és sorsát. A mostani eredmény így egy olyan kérdést készít elő, amelyre a következő évtizedben a LISA adhatja meg a végső választ.

„Ha a jelet valóban kilöködött fekete lyukak okozzák, akkor a kvazárok jelentős részében nemrég zajlott le két óriás fekete lyuk összeolvadása, vagyis ezek az események gyakoriak. Ez közvetlenül megszabja, hány ilyen eseményt láthat majd a LISA. Az ötletet tíz éve az ELTE-n tettük le az asztalra, és most a nálunk végzett Bécsy Bence vezetésével mi magunk ellenőriztük. Ilyen folytonosság kevés kutatócsoportnak adatik meg” – mondta Frei Zsolt egyetemi tanár, a HUN-REN – ELTE Extragalaktikus Asztrofizikai Kutatócsoport vezetője.

A most megjelent tanulmány:

[Bécsy, B., Raffai, P., Haiman, Z., Budai, A. & Frei, Z.: „Statistical evidence for massive black hole recoils in active galactic nuclei”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 550 \(4\), stag1367 \(2026\).](#) A cikk szabadon hozzáférhető; előzetes változata az arXiv-on: [arXiv:2605.04781](#).

Az elméleti előzmény:

[Raffai, P., Haiman, Z. & Frei, Z.: „A statistical method to search for recoiling supermassive black holes in active galactic nuclei”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 455, 484–492 \(2016\).](#)

Támogatás:

A kutatás ELTE-s résztvevőinek munkáját a HUN-REN Magyar Kutatási Hálózat, valamint a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal TKP2021-NKTA-64 számú kiválósági pályázata támogatta.

Sajtókapcsolat:

- kommunikacio@elte.hu

Eredeti tartalom: Eötvös Loránd Tudományegyetem

Továbbította: Helló Sajtó! Üzleti Sajtószolgálat

Ez a sajtóközlemény a következő linken érhető el:

<https://hellosajto.hu/?p=33607>