

Asztrofizikai modellek tesztelése gravitációshullám-észlelésekkel

PhD kutatási beszámoló

DÁLYA GERGELY

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Fizika Doktori Iskola
2017. január 15.

1. Bevezetés

Az amerikai LIGO gravitációshullám-detektorok 2015. szeptemberében megkezdték második generációs működési időszakukat [1]. Az első gravitációshullám-jelek észlelése 2015-2016-ban megtörtént [2], 2017 augusztusában pedig az olaszországi Virgo is csatlakozott a LIGO detektorokhoz, és még ugyanabban a hónapban megtörtént az első háromdetektoros gravitációshullám-észlelés [3]. Augusztus 17-én pedig először sikerült gravitációs hullámokat és fényjeleket is észlelni ugyanabból a forrásból, két neutroncsillag összeütközéséből [4]. A félév elején munkám legnagyobb részét ennek az eseménynek az analízise tette ki. A félév második felében pedig az általam fejlesztett GLADE galaxiskatalógust [5] bemutató publikáció megírásán dolgoztam.

2. Kutatás ismertetése

A GW170817 detektálását követően az MSc diplomamunkám során fejlesztett GLADE galaxiskatalógus felhasználásával mi voltunk az elsők, akik a gravitációshullám-forráshoz azonosított égitestet és becsült forrástávolság alapján közzétették a lehetséges forrásgalaxisok valószínűség szerint rendezett listáját. A nyolc független megfigyelő partner közül, akik sikeresen felfedezték az utófényt, négyen (BOOTES-5, Las Cumbres Observatórium, REM, Vista) a GLADE-et használva, ketten (1M2H Swope, DLT40) pedig a GLADE részét képező GWGC-t használták (ld. pl. [6]). Csak két csoportnak sikerült katalógus nélkül felfedezni az utófényt (DECAM, MASTER), azonban így nem ők lettek a legelső megfigyelők.

A LIGO Kollaboráció szintén a GLADE galaxiskatalógust használta arra, hogy a gravitációshullám-észlelésből kiszámolják a Hubble-állandó értékét az eddigi számításokhoz képest egy teljesen független módszerrel; az analízisből írt szakcikk a Nature folyóiratban jelent meg az én társszerzőségemmel [7]. A munkában én is részt vettem: ismertettem a Kollaboráció számára a galaxiskatalógus tulajdonságait, részt vettem a diskussziókban, hogy milyen módon lenne a leghatékonyabb a GLADE felhasználása, valamint elvégeztem a GLADE-en azokat a módosításokat, amelyeket a pontosabb analízis érdekében javasoltak a projektben részt vevő kollégáim. A munka részeként elvégeztem az észlelt vöröseltolódások

korrigálását a galaxisok pekuliáris sebességeinek levonásával egy iteratív módszer használatával [8]. A munkának ez a része belső ellenőrzéseken is átesett. A GW170817 olyan rendkívüli felfedezés volt, amire a doktori kutatási tervem megírásakor még nem számítottunk, azonban a fontossága miatt a kutatási tervben felvázolt problémák elé kellett helyezni. A fentebb bemutatott eredményeket az új körülmények fényében a doktori munkám részévé kívánom tenni.

A Hubble-állandó meghatározásával párhuzamosan azzal is foglalkoztam, hogy hogyan tesztelhetjük a neutroncsillag-kettősök formálódási rátájának az őket tartalmazó galaxisok paramétereitől való függését. A szakirodalom megismerése után a galaxisok B és K színszűrőkben mért magnitúdóinak hatását kezdtem vizsgálni a formálódási rátára elméleti modellek alapján. Első eredményeimből előadást tartottam az ELTE-n a *Megoldatlan problémák az asztrofizikában c.* szemináriumon. A jövő félévben Anderson–Darling-teszt segítségével fogom számszerűsíteni az eredményeket. A projektben Takátsy Jánossal is együtt fogok dolgozni, akinek egy korábbi munkája jól kapcsolódik ehhez a kutatáshoz.

A félév során a GLADE galaxiskatalógust bemutató publikáció előkészítésén is sokat dolgoztam. A kevés szerzős cikk, amelyen első szerzőként dolgozom előrehaladott állapotban van, így a következő félévben tervezzük beküldeni az MNRAS folyóiratba.

Az őszi félévben ezek mellett elkezdtem foglalkozni azzal is, hogy milyen információk maradhatnak hátra a LIGO által észlelt jelekben miután a legjobban illeszkedő hullámformát levonjuk belőlük. A tavaszi félévben korrelációs teszteket fogok végezni, és azt vizsgálom, hogy milyen esetekben lehet kimutatni ezzel a módszerrel, hogy nem standard (pl. excentrikus pályájú vagy poros környezetben lévő) kettős rendszer gravitációs hullámait észleltük. Az első eredményeimet szintén a *Megoldatlan problémák az asztrofizikában c.* szemináriumon adtam elő. A projekthez szükséges módszertant a [9] cikk alapján kezdtem el kitanulni.

Hivatkozások

- [1] Aasi, J., Abbott, B. P., et al. 2015, *Classical and Quantum Gravity*, 32, 074001
- [2] Abbott, B. P., Abbott, R., Abbott, T. D., et al. 2016, *Physical Review X*, 6, 041015
- [3] Abbott, B. P., Abbott, R., Abbott, T. D., ..., **Dályá, G.**, ... , et al. 2017, *PRL*, 119, 141101
- [4] Abbott, B. P., Abbott, R., Abbott, T. D., ..., **Dályá, G.**, ..., et al. 2017, *PRL*, 119, 161101
- [5] **Dályá, G.**, Frei, Z., Galgoczi, G., Raffai, P., & de Souza, R. S. 2016, *VizieR Online Data Catalog*, 7275
- [6] Arcavi, I., Hosseinzadeh, G., Howell, D. A., et al. 2017, *Nature*, 551, 64
- [7] LSC, Virgo, ..., **Dályá, G.**, ... et al. 2017, *Nature*, 551, 7678, pp. 85-88
- [8] Carrick, J., Turnbull, S. J., Lavaux, G., & Hudson, M. J. 2015, *MNRAS*, 450, 317
- [9] Creswell, J., von Hausegger, S., Jackson, A., et al. 2017, *JCAP*, 8, 013

3. Publikációk

Publikációk, amelyekhez jelentős hozzájárulásom volt

1. LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, ..., **G. Dályá**, ... et al.: A Gravitational-wave Standard Siren Measurement of the Hubble Constant, *Nature*, 2017, Volume 551, issue 7678, pp. 85-88, **37 hivatkozás**

Publikációk az LSC tagjaként

9. LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, ..., **G. Dály**, ... et al.: Search for Post-merger Gravitational Waves from the Remnant of the Binary Neutron Star Merger GW170817, *Astrophysical Journal Letters*, 2017, Volume 851, issue 1, id. L16, 13 pp. **14 hivatkozás**
8. LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, ..., **G. Dály**, ... et al.: On the Progenitor of Binary Neutron Star Merger GW170817, *Astrophysical Journal Letters*, 2017, Volume 850, issue 2, id. L40, 18 pp., **5 hivatkozás**
7. LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, ..., **G. Dály**, ... et al.: Estimating the Contribution of Dynamical Ejecta in the Kilonova Associated with GW170817, *Astrophysical Journal Letters*, 2017, Volume 850, issue 2, id. L39, 13 pp. **13 hivatkozás**
6. LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, ..., **G. Dály**, ... et al.: Search for High-energy Neutrinos from Binary Neutron Star Merger GW170817 with ANTARES, IceCube, and the Pierre Auger Observatory, *Astrophysical Journal Letters*, 2017, Volume 850, issue 2, id. L35, 18 pp., **3 hivatkozás**
5. LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, ..., **G. Dály**, ... et al.: GW170608: Observation of a 19-solar-mass Binary Black Hole Coalescence, **28 hivatkozás**
4. LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, ..., **G. Dály**, ... et al.: GW170817: Observation of Gravitational Waves from a Binary Neutron Star Inspiral, *Physical Review Letters*, Volume 119, issue 16, id. 161101, **278 hivatkozás**
3. LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, ..., **G. Dály**, ... et al.: Gravitational Waves and Gamma-Rays from a Binary Neutron Star Merger: GW170817 and GRB 170817A, *Astrophysical Journal Letters*, 2017, Volume 848, issue 2, id. L13, 27 pp., **115 hivatkozás**
2. LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, ..., **G. Dály**, ... et al.: Multi-messenger Observations of a Binary Neutron Star Merger, *Astrophysical Journal Letters*, 2017, Volume 848, issue 2, id. L12, 59 pp., **123 hivatkozás**
1. LIGO Scientific Collaboration, Virgo Collaboration, ..., **G. Dály**, ... et al.: GW170814: A three-detector observation of gravitational waves from a binary black hole coalescence, *Physical Review Letters*, 2017, Volume 119, issue 14, id. 141101, **136 hivatkozás**

4. Tanulmányok

A félév során a következő négy kurzust végeztem el:

- FIZ/2/021E Bevezetés az általános relativitáselméletbe I. előadás, Vasúth Mátyás
- FIZ/2/120 Csillag- és galaxispopulációk előadás, Dobos László
- FIZ/2/122 Fekete lyuk fizika előadás, Kocsis Bence
- FIZ/2/032E Rádiócsillagászat I. előadás, Frey Sándor

2017. szeptemberében részt vettem az IMPRS Summer School on Compact Objects & Gravitational waves c. nyári iskolán Heidelbergben.

5. Konferenciárészvételek

2017. 08. 28. - 09. 01: LIGO-Virgo Collaboration Meeting, CERN, Genf, Svájc.

Poszter: GWsky towards O3: tiling, source localisations and visibility

6. Oktatási tevékenység

A félév során a következő gyakorlatot vezettem:
cg1c4eg3 Csillagászati észlelési gyakorlatok 3, 3 kredit, H 18:00-21:00

7. Szakmai közéleti tevékenység

Könyvfejezetek

- **Dálya G.**, Bécsy B.: A gravitációs asztrofizika megszületése; Meteor Csillagászati Évkönyv 2018, Magyar Csillagászati Egyesület, 261-276. o., 2018

Magyar nyelvű tudományos ismeretterjesztő cikkek

- Bécsy B., **Dálya G.**, Raffai P.: Összeütköző neutroncsillagok – a többcsatornás csillagászat forradalma, Meteor, 2017, 47. évf, 12. sz.

Magyar nyelvű ismeretterjesztő előadások

- 2017. DECEMBER, International Olympiad on Astronomy and Astrophysics 2017 beszámoló, Városi könyvtár, Jászberény
- 2017. SZEPTEMBER, Többcsatornás csillagászat - az asztrofizika új érzékszervei, Kutatók éjszakája, Uránia Csillagvizsgáló, Szolnok
- 2017. SZEPTEMBER, Többcsatornás csillagászat - az asztrofizika új érzékszervei, Kutatók éjszakája, Városi könyvtár, Jászberény

Részt vettem a magyar csapat felkészítésében a 11th International Olympiad on Astronomy & Astrophysics-re rendszeres szakkörök és felkészítő táborok tartásával, valamint observer-ként elkísértem a csapatot az olimpiára is novemberben.