

### 3. félévi beszámoló

**Pálfi Mária** (marika97@student.elte.hu)

Csillagászat és Űrfizika PhD program

Témavezető: Dr. Raffai Péter

A dolgozat címe: Gravitációshullám-jelek alkalmazása a precíziós kozmológiában

## Bevezetés

Doktori munkám középpontjában a Hubble-állandó gravitációs hullámokkal való meghatározása áll, mely segíthet feloldani a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzásból és az Ia típusú szupernóvák megfigyeléseiből meghatározott Hubble-állandó értékek közötti ellentmondást (pl. [Riess et al. 2019](#)). A Hubble-állandó becslült értékét és bizonytalanságát a gravitációshullám-jelek méréséből származó hibákon kívül a használt galaxiskatalógus hiányossága és az abban található adatok hibái is befolyásolják. A galaxiskatalógusból származó hibák tanulmányozásához szimulált galaxiskatalógusokat használunk, mivel ezekben található mérési hiba nélküli adatokhoz kontrollált módon tetszőleges hibákat adhatunk hozzá.

Az előző félévekben fejlesztői szinten elsajátítottam a Hubble-állandó becslését végző gwcsmo programcsomag ([Gray et al. 2020](#)) használatát, illetve galaxiskatalógusokat szimuláltam a Theoretical Astrophysical Observatory ([Bernyk et al. 2016](#)) segítségével. A szisztematikus hibákat ezekkel a katalógusokkal és az eddig észlelt valós gravitációshullám-jelekkel ([GWTC-3 katalógus](#)) tanulmányoztam.

Elkezdtem azt is vizsgálni, hogy hogyan változik meg a Hubble-állandó becslült értéke, ha  $\Lambda$ CDM kozmológia helyett olyan kozmológiát tételezünk fel, melyben a skálafaktor időben lineárisan nő és csak a Hubble-állandó és a görbület az illesztendő paraméter (coasting kozmológiák, [Casado 2020](#)). Ezt a munkát valós gravitációshullám-jelekkel és a GLADE+ galaxiskatalógussal végezzük el.

A fenti témákon kívül csillagtömegbecslési módszerekkel és a GLADE+ katalógus fejlesztésével is foglalkoztam.

## Kutatások ismertetése

Ebben a félévben a kompakt kettősök paramétereinek becslésére szolgáló bilby és bilby\_pipe ([Gregory et al. 2019](#), [Romero-Shaw et al. 2020](#)) csomagok használatát tanultam meg. A feketelyuk-kettősök szimulálásához az előző félévben szimulált galaxiskatalógusból forrásgalaxisokat választottam, illetve a kettősök saját paramétereit (pl. tömeg, spin) a megfelelő prior eloszlásokból mintavételeztem, majd a bilby\_pipe segítségével megkaptam a szimulált feketelyuk-kettősök paramétereinek Bayes-i poszterior eloszlásait. Így több gravitációshullám-jellel tudunk dolgozni, valamint a forrásgalaxisok ténylegesen szerepelnek a galaxiskatalógusban. Az új adatokkal most azt vizsgálom, hogy milyen hatása van a Hubble-állandó becslésére annak, ha a galaxiskatalógus nem teljes (azaz nem tartalmaz minden galaxist).

Csatlakoztam a LIGO kozmológia csoportjának Mock Data Challenge projektjéhez, melyben a kozmológiai analízishez használt csomagokat ellenőrizzük, valamint a szisztematikus hibák hatását szélesebb körben tanulmányozzuk. Itt a csapat egyik fele gravitációshullám-jeleket szimulál, míg a csapat másik fele az analíziseket végzi el úgy, hogy nem ismeri a szimuláció során használt paramétereket és modelleket. Én analíziseket fogok végezni a gwcsmo csomaggal, mikor elkészültek a szimulációk.

Az időben lineárisan változó skálafaktorú (coasting) kozmológiákkal végzett előző féléves munkám eredményeit felül kellett vizsgálnunk. A kozmológiai analízis során ki kell számolni, hogy milyen valószínűséggel detektálhatunk eseményeket különböző vöröseltolódások és Hubble-állandók mellett. Ez a valószínűség szintén függ a feltételezett kozmológiától, ezt azonban nem vettem figyelembe, ezt a hibát ebben a félévben javítottam. A programcsomagot átírtam úgy, hogy a görbületi paramétert egy kapcsolóval meg lehessen adni a parancsok kiadásakor (jelenleg a  $k = -1, 0, 1$  értékek közül lehet választani). Ez nemcsak a mostani futtatásokat egyszerűsítette, de a jövőben észlelt gravitációshullámjelekkel is könnyen el lehet majd végezni az analízist. Jelenleg az ábrák véglegesítésén és az eredményeket bemutató cikk írásán dolgozunk. A munkánkat a LIGO kozmológia csoportjában is be fogjuk mutatni.

Az MSc-s szakdolgozatomban a galaxisok csillagtömegét meghatározó módszereket hasonlítottam össze, valamint az eredmények alapján a GLADE+ katalógus galaxisainak csillagtömegét is megbecsültem. A katalógust bemutató cikkünk megjelent az MNRAS folyóiratban. A csillagtömegbecslő módszerek összehasonlítását a doktori munkám keretei közt is folytatom, a félév során az eredményeket bemutató cikk írásán dolgoztam, valamint a GLADE+ katalógus továbbfejlesztésében is részt veszek. A csillagtömegbecslés témája azért is érdekes, mert a nagyobb csillagtömegű galaxisok nagyobb valószínűséggel forrásgalaxisai a kompakt kettősök ütközéséből származó gravitációs hullámoknak (Artale et al. 2019), ez az információ pedig felhasználható a kozmológiai analízis során.

Bekapcsolódtam egy olyan munkába, melyben azt vizsgáljuk, hogy hány ütközést szükséges észlelni ahhoz, hogy a kozmikus dipólt gravitációs hullámok segítségével is ki lehessen mutatni. Ezt a projektet egy MSc-s szakdolgozó vezeti, én a neutroncsillag-kettős ütközések kettősök szimulálásán dolgozom.

## Publikációk

G. Dálya, ..., M. Pálfi, ... et al.: GLADE+: an extended galaxy catalogue for multimessenger searches with advanced gravitational-wave detectors, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 514, Issue 1, July 2022, Pages 1403–1411

## Tanulmányi tevékenység

A félév során a következő tárgyat végeztem el:

- FIZ/5/040 Az exobolygók kutatása

## Konferenciák

2022. 09. 12. – 2022. 09. 19.: LIGO Virgo KAGRA collaboration meeting, online vettem részt.

## Oktatási tevékenység

A témavezetőm által oktatott Bevezetés a csillagászatba tárgy házi feladatainak és vizsgájának javításában segítettem (2 órás előadás).

## Hivatkozások

Riess, A. G., et al., ApJ 876, 1, 85 (2019)

Gray, R., et al., Phys. Rev. D 101, 122001 (2020)

Bernyk, M., et al., ApJS 223, 9 (2016)

<https://arxiv.org/abs/2111.03606>

Casado, J. Astrophys Space Sci 365, 16 (2020)

Gregory, A. et al., ApJS 241, 27 (2019)

Romero-Shaw, I. M. et al. MNRAS, 499, 3295 (2020)

Artale M. C., et al., MNRAS, 487, 1675 (2019)