

III. félévi beszámoló

Középnéhez fekete lyukak dinamikája

Részecskefizika és csillagászat

Deme Barnabás (deme.barnabas@gmail.com)
Témavezető: Dr. Kocsis Bence

2020 január

1. Vizsgált problémakör

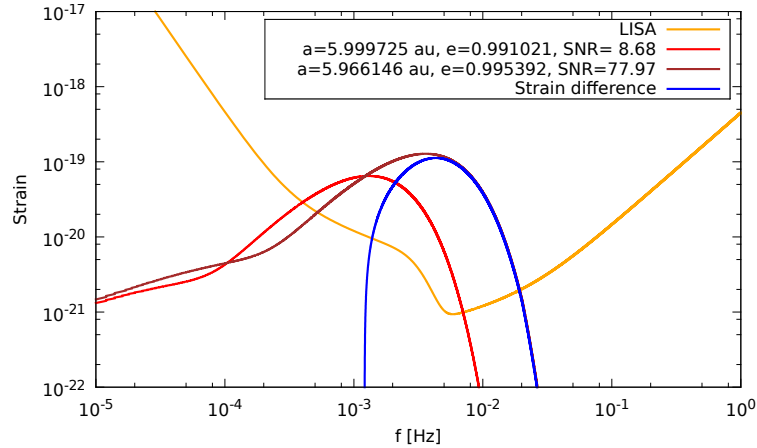
Kutatásom témája nem változott az előző kettő félévhez viszonyítva, továbbra is a galaktikus nukleuszok felépítését, dinamikáját vizsgálom [Neumayer et al., 2020, Alexander, 2017]. Elsősorban a középnéhez fekete lyukak hatására helyezem a hangsúlyt. Ezek tömege a $10^{2-5} M_{\odot}$ tartományba esik, és bár egyelőre csak jelölteket ismerünk ebből a populációból [Mezcua, 2017], a nukleuszok kialakulását leíró elméletek szerint néhánynak lennie kell a központi egy parszekon belül [Mastrobuono-Battisti et al., 2014]. Jelenlétük jelentősen befolyásolhatja a galaktikus központban található kettősök számát [Hailey et al., 2018], továbbá olyan hierarchikus hármas rendszert alkothatnak egy jóval kisebb és egy sokkal nagyobb tömegű fekete lyukkal, melyben Kozai–Lidov-mechanizmus léphet fel [Kozai, Lidov, 1962, Naoz, 2016]. Az ebből eredő excentricitás-oszcilláció modulálhatja a rendszerből érkező gravitációshullám-jelet, amit elvben érzékelhet majd a LISA-obszervatórium¹ [Hoang et al., 2019].

2. Féléves kutatás ismertetése

A féléves munka keretében befejeztük a középnéhez fekete lyukak nukleuszbeli kettősökre vonatkozó hatásának vizsgálatát [Deme et al., 2019]. Jelenleg a bírálatra adandó válaszunkon dolgozunk. A projektet majd a paramétertér (félnagy tengelyek, excentricitások, tömegek, stb.) szélesebbkörű feltérképezésével, továbbá egyéb hatások (pl. dinamikai sűrűlódás) figyelembe vételével terjesztjük ki egy következő cikkben.

Folytattam azt a projektet, melyet Smadar Naozzal (UCLA) valamint a témavezetőmmel, Kocsis Bencével kezdtünk a tavaszi szemeszterben. Azt vizsgáljuk, hogy milyen jelet észlelhet majd a LISA-obszervatórium egy olyan rendszerből, ami egy szuper-, egy középnéhez, valamint egy sztelláris tömegű fekete lyuk hármasából áll (ld. 1. ábra). A fellépő Kozai–Lidov-effektus akár néhány hónapos időskálán modulálni tudja a gravitációshullám-spektrumot az excentricitáson keresztül, ami elméletileg kimutatható lesz majd [Deme et al., in prep.].

¹<https://lisa.nasa.gov/>



1. ábra. Egy 10 és egy $10^5 M_{\odot}$ -gel rendelkező fekete lyuk kettőséből származó gravitációshullám-spektrum, amint azt egy szupernehéz feketelyuk Kozai-forgatónyomatéka modulálja 2 hónap alatt [Deme et al., in prep.].

A téma azért különösen érdekes, mert az így keletkező jel akár Mpc-es távolságból is detektálható lesz.

3. Publikációk

- [Deme et al., 2019]. Ebben a cikkben megmutattuk, hogy egy 5 darab középnehéz fekete lyukból álló populáció 1 millió éves időskálán akár 50%-kal is csökkentheti a nukleusz kettőseinek számát.
- [Deme et al., 2018]. Ebben a korábbi munkámban a korlátozott háromtest-probléma egy speciális esetét vizsgáltuk egy olyan modell keretében, ami a csillagközi molekulafelhők belsejében kialakult presztelláris magok dinamikáját írja le. Általánosabb kontextusban a korlátozott háromtest-probléma megoldását vizsgáltam egy kepleritől eltérő potenciálban, hasonlóan ahhoz, ahogy Hamilton and Rafikov [2019a,b] a Kozai-Lidov-mechanizmust terjeszti ki.

4. Tanulmányi tevékenység

Ebben a szemeszterben kettő kurzust hallgattam.

- Véges hőmérsékletű kvantumtérelmélet és asztrofizikai alkalmazásai (FIZ/2/016E)
 - Szakmai kitekintés, melyben a kvantumtérelmélet módszereivel ismerkedtünk meg, különös tekintettel a maganyag - neutron csillagokra is alkalmazható - Walecka-modelljére.
- A káoszelmélet alkalmazása (FIZ/3/018E)

- Szakmai kitekítés, melynek során a TISEAN nevű szoftver használatával ismerkedtünk meg. Ez igen jól használható arra, hogy tetszőleges eredetű idősorok (nemlineáris) dinamikáját feltérképezzük.

5. Oktatási tevékenység

Ebben a félévben a Csillagászati észlelési gyakorlatok II. (cseszlglyk2g17ga) nevű tárgyat oktattam. A kurzus anyaga elsősorban az éggömbön értelmezett csillagászati koordinátarendszerek közti átváltásokat foglalja magába, matematikai eszköztára a szférikus trigonometria.

Hivatkozások

- Nadine Neumayer, Anil Seth, and Torsten Boeker. Nuclear Star Clusters. *arXiv e-prints*, art. arXiv:2001.03626, Jan 2020.
- Tal Alexander. Stellar Dynamics and Stellar Phenomena Near a Massive Black Hole. *ARA& A*, 55(1):17–57, Aug 2017. doi: 10.1146/annurev-astro-091916-055306.
- Mar Mezcuca. Observational evidence for intermediate-mass black holes. *International Journal of Modern Physics D*, 26(11):1730021, Jan 2017. doi: 10.1142/S021827181730021X.
- A. Mastrobuono-Battisti, H. B. Perets, and A. Loeb. Effects of Intermediate Mass Black Holes on Nuclear Star Clusters. *ApJ*, 796:40, November 2014. doi: 10.1088/0004-637X/796/1/40.
- C. J. Hailey, K. Mori, F. E. Bauer, M. E. Berkowitz, J. Hong, and B. J. Hord. A density cusp of quiescent X-ray binaries in the central parsec of the Galaxy. *Nature*, 556:70–73, April 2018. doi: 10.1038/nature25029.
- Y. Kozai. Secular perturbations of asteroids with high inclination and eccentricity.
- M. L. Lidov. The evolution of orbits of artificial satellites of planets under the action of gravitational perturbations of external bodies. *Planetary and Space Science*, 9:719–759, October 1962. doi: 10.1016/0032-0633(62)90129-0.
- S. Naoz. The Eccentric Kozai-Lidov Effect and Its Applications. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 54:441–489, September 2016. doi: 10.1146/annurev-astro-081915-023315.
- Bao-Minh Hoang, Smadar Naoz, Bence Kocsis, Will M. Farr, and Jessica McIver. Detecting Supermassive Black Hole-induced Binary Eccentricity Oscillations with LISA. *ApJ*, 875(2):L31, Apr 2019. doi: 10.3847/2041-8213/ab14f7.
- Barnabás Deme, Yohai Meiron, and Bence Kocsis. Intermediate mass black holes’ effect on compact object binaries. *arXiv e-prints*, art. arXiv:1909.04678, Sep 2019.
- B. Deme, S. Naoz, and B. Kocsis. Strain from a galaxy far far away - Kozai-Lidov modulated strain from Mpc distance. *MNRAS*, in prep.

B. Deme, B. Érdi, and L. V. Tóth. The restricted three-body problem in cylindrical clouds. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, 130:73, November 2018. doi: 10.1007/s10569-018-9869-x.

Chris Hamilton and Roman R. Rafikov. Secular dynamics of binaries in stellar clusters - I. General formulation and dependence on cluster potential. *MNRAS*, 488(4):5489–5511, Oct 2019a. doi: 10.1093/mnras/stz1730.

Chris Hamilton and Roman R. Rafikov. Secular dynamics of binaries in stellar clusters - II. Dynamical evolution. *MNRAS*, 488(4):5512–5535, Oct 2019b. doi: 10.1093/mnras/stz2026.