

II. félévi beszámoló

Szölgyén Ákos (szolgyen@caesar.elte.hu)

Részecskefizika és csillagászat program

Témavezető: Dr. Kocsis Bence

A dolgozat címe: Fekete lyukak dinamikája galaxismagokban

A 2017/2018-as tanév I. félévi beszámolójában részletesen ismertettem a galaxismagokban lévő csillag- és feketelyuk-populációkra vonatkozó kutatásom előzményeit, a projekt megvalósítását és az eredményeimet. A kutatás során egy Monte Carlo Markov Chain módszert fejlesztettem, amivel szimuláltam a galaxismagokban keringő csillagok és fekete lyukak pályáinak kölcsönhatását. Azt találtam, hogy a galaxismag vektor rezonáns relaxációját követően a nagyobb tömegű objektumok pályái tárolják a teljes rendszer eredő impulzusmomentumát, míg a kisebb tömegű égitestek pályái izotróppá válnak. Ez az eredmény az ún. *anizotróp tömegszegregáció*, amely megmagyarázhatja a Tejútrendszer magjában megfigyelhető masszív csillagkorongot, a G1 és G2 gázfelhők eredetét, megjósolja a nagytömegű fekete lyukakból álló korong létezését. Utóbbi beigazolódása esetén a korábbiaknál magasabb gravitációshullám rátákra kell számítani a galaxismagokból, hiszen a korábban feltételezett gömbszimmetrikus eloszlás helyett egy lapult, korong-eloszlás nagyobb számsűrűséget és ezáltal nagyobb ütközési valószínűséget jelent.

Az I. féléves beszámolóban a munkámból írt szakcikk félkész állapotáról adtam jelentést. Azóta a cikk elkészült és 2018. márciusának végén beküldtük a *Physical Review Letters* folyóiratba. A jelen beszámoló leadásakor az első körös bírálati eljárás lezárult egy pozitív, támogató és egy kérdéseket és megjegyzéseket megfogalmazó, de támogató bírálattal. Válaszainkat a bírálóknak megküldtük, jelenleg a második bírálati kör lezárását várjuk. A cikk kézírata az arXiv online adatbázisból a 1803.07090 azonosítóval elérhető.

A kutatásomhoz kapcsolódóan részt vettem 2018. január 28. és február 3. között a svájci Saas-Feeben megrendezett "48th Saas-Fee course: Black hole formation and growth" téli iskolán, ahol saját eredményeiből (ld. előző bekezdés) poszttert prezentáltam és a doktori képzést kiegészítő ismeretekre tettem szert (ld. az iskola előadásainak jegyzéke: <https://indico.cern.ch/event/626266/page/10062-lectures>).

Szintén a kutatásomhoz kapcsolódóan jelentkeztem a *MODEST-18: Dense stellar systems in the era of Gaia, LIGO & LISA* című workshopra, amelyet 2018. június 25. és 29. között rendeznek a görögországi Santorinin. A konferenciára a jelentkezésemet és az előadásom absztraktját elfogadták.

Az előzőekben bemutatott munkám befejezését követően, a szakcikk beküldése után, egy új kutatásba kezdtem, amelynek célja az *anizotróp tömegszegregáció* vizsgálata gömbhalmazokban. A gömbhalmazok tipikusan idős csillagok (több mint 10 milliárd éves) gömbszimmetrikus, gravitációsan erősen kötött csoportjai, amelyek leggyakrabban a galaxisok magjában és halójában figyelhetők meg.

A gömbhalmazok keletkezése egy megoldatlan probléma. A gömbhalmazok időfejlődésének azonban részletes irodalma van. Közvetlen N-test és Monte Carlo szimulációs módszerek reprodukálják az analitikus módszerekkel levezethető várakozásokat, miszerint a rendszer belül egyre jobban sűrűsödik és kívül tágul. Több tömegkomponensű rendszerekben a nehéz objektumok befelé vándorolnak, ami a belső mag összeomlásához vezet. Mindezen várakozások egy alapvető feltételezésre épülnek: arra, hogy a gömbhalmaz minden csillagpopulációja -- ebbe beleértve a kompakt objektumokat is -- gömbszimmetrikus. A megfigyelések látszólag alátámasztják ezt a feltételezést: az öreg csillagok

gömbszimmetrikusan oszlanak el, azonban a fekete lyukak eloszlása közvetlenül nem figyelhető meg.

A kutatásom célja annak vizsgálata, hogy a gömbhalmazokban lévő fekete lyukak és a nagy tömegű csillagok számára a csillagpopuláció méretétől függően elegendő idő állt-e rendelkezésre a relaxáció bekövetkezésére, illetve amennyiben a relaxáció megvalósult, milyen térbeli struktúrája alakul ki az így létrejött egyensúlyi feketelyuk-populációnak.

A projekt kezdete óta megismerkedtem a *phi-grape* nevű GPU-párhuzamosított közvetlen N-test szimuláló programcsomaggal és elsajátítottam a GPU-programozás alapjait. Elkezdtem reprodukálni és tesztelni a programcsomaggal a legalapvetőbb gömbhalmaz-modellt az ún. Plummer-modellt. Több kiértékelő programot írtam, amelyekkel tesztelem a szimulált gömbhalmaz tulajdonságait (úgy mint a tömegközéppont-megmaradás, energia- és impulzusmomentum-megmaradás, a csillagpályák vetületeinek szórása, stb.). Jelenleg több kezdetifeltétel beállításának tesztelését végzem (anizotróp impulzusmomentumú pályák kölcsönhatásait vizsgálom különböző tömegeloszlásokból válogatva az objektumokat). A projekt támogatására ÚNKP pályázatot nyújtottam be.

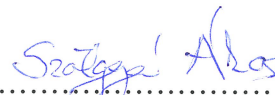
A 2017/2018-as tanév II. szemeszterében a következő kurzusokat vettem fel és hallgattam: Rádiócsillagászat II. (FIZ/2/065E), Differenciálgeometria és fizika szeminárium (MAT/362E), Bevezetés az általános relativitáselméletbe II. (FIZ/2/057E). (A Matematikai Doktori Iskolában felvett tárgyhoz előzetesen Dr. Kocsis Bence [témavezető], Dr. Palla László [programvezető] és Dr. Tél Tamás [iskolavezető] írásos engedélyt kértem és kaptam.) Rendszeresen részt vettem, valamint előadtam az Atomfizika Tanszéken hetente szervezett "Astrophysics Lunch" és "GalNUC" szemináriumokon, valamint részt vettem a két hetente tartott Intézeti szervezésű Ortway Kollokviumon, továbbá több alkalommal az Elméleti Fizikai Tanszék szervezésében tartott Statisztikus Fizikai Szemináriumon is, illetve a Wigner Fizikai Kutatóközpontban rendezett *Workshop on Mathematical Aspects of Spacetime Physics* egy napos műhelykonferencián.

Az aktuális szemeszterben oktatási tevékenységként laborgyakorlatot tartottam a Környezetfizikai Módszerek Laboratóriumon "*Vizek tríciumtartalmának meghatározása*" címmel összesen 7 alkalommal heti 4 órában környezettudományi szakos hallgatóknak.

A 2017/2018-as tanévre Új Nemzeti Kiválóság Program pályázatot nyertem, amelynek keretéből utaztam a "*48th Saas-Fee course: Black hole formation and growth*" téli iskolára, illetve egy tabletet rendeltem.

Kutatócsoportunk számára egy honlapot készítettem, amely a <http://galnuc.elte.hu> címen érhető el, tartalma azonban még nem naprakész.

Kelt.: Budapest, 2018. június 19.



.....
Szölgvény Ákos