

DOKTORANDUSZI BESZÁMOLÓ

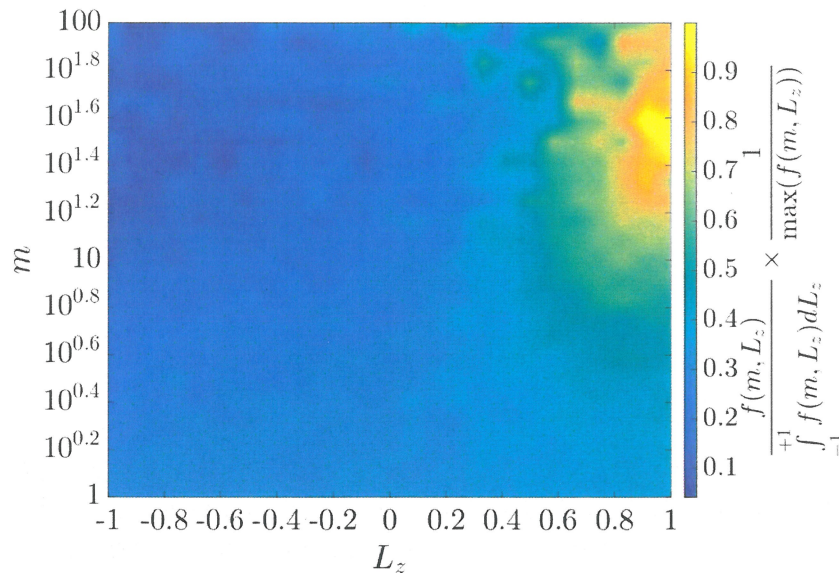
Fizikai tudományok doktori képzés I. szemeszter

A legtöbb galaxis magjában egy néhány millió – milliárd naptömegű szupernehéz fekete lyuk található. A fekete lyuk néhány parszek sugarú környezetében egy csillagokból és egyéb nagy tömegű kompakt objektumokból álló, ún. nukleáris csillaghalmaz is gyakran megfigyelhető. A csillaghalmazban lejátszódó dinamikai folyamatok kulcsszerepet tölthetnek be a szupernehéz fekete lyuk növekedési mechanizmusában. Utóbbi jelentősége a galaxisevolúciót meghatározó szerepében van, amely a jelenkori asztrofizika egyik fontos nyitott kérdése.

A hallgató a mesterszakos diplomamunkájában a galaxismagok szerkezetét és evolúcióját tanulmányozta, különös tekintettel a legbelső (tized és század parszekon belüli) régióban kialakuló sztelláris feketelyuk-populációra. Egy Markov Chain Monte Carlo módszert használva szimulálta a központi szupernehéz fekete lyuk gravitációs potenciáljában keringő sztelláris fekete lyukak kölcsönhatását. Meghatározta a rendszer relaxált állapotát, amivel megadta a fekete lyukak várható fázistérbeli eloszlását és becslést adott a várható gravitációshullám-rátára. Eredményeiből kirajzolódott, hogy a relaxált rendszerben a fekete lyukak pályái anizotrop tömegszegregációt mutathatnak.

A doktori képzés első szemeszterében a hallgató a korábban észlelt tömegszegregációs effektus vizsgálatával folytatta kutatását. A diplomamunkában közölt eredmények alapjául szolgáló statisztikai mintát megtartva, több kisebb és nagyobb elemszámú n -test szimulációt írt, melyeket a NIIF debreceni szuperszámítógép-klaszterén futtatott, továbbá optimalizálta és kibővítette a korábbi szimulációs és kiértékelő kódokat.

Szimulációiban a galaxismag feketelyuk-populációinak modelljét randomizált módon, meghatározott fél nagytengety-, excentricitás-, pályaorientáció-, és tömegeloszlásból generálta. A tömegeloszlásra vonatkozóan egy hatványfüggvény-modellt használt (hasonlót a Salpeter-féle tömegfüggvényhez), amely szerint a kis tömegű objektumokból 2-es hatvány szerint több található a teljes populációban, mint nagy tömegűből. Az ily módon előállított kezdeti mintákon alkalmazta a kölcsönhatást szimuláló programot, amely a teljes rendszert az energia és impulzusmomentum-megmaradás teljesítésével, az egyes objektumok páronkénti kölcsönhatásán keresztül egy relaxált állapotba vitte. A relaxált mintákban a fekete lyukak impulzusmomentum-vektorainak orientációi átrendeződést mutattak a kezdeti eloszlásokhoz képest. A kis tömegű, ám a tömegeloszlás miatt nagy számú, objektumok impulzusmomentum-vektorai közel izotrop eloszlást alakítottak ki, azonban a nagy tömegű objektumok erős anizotrópiát mutattak. Egy példának választott mintán végrehajtott szimuláció eredményeit a beillesztett ábra mutatja. Az ábrán egy 2D-s hisztogram látható, amelynek vízszintes tengelyén a feketelyuk-pályák impulzusmomentumának z komponense, míg a függőleges tengelyen a fekete lyukak tömegei vannak feltüntetve. Az ábrázolás olyan vonatkoztatási rendszerben történt, amelyben a mintában lévő összes objektum pályájának összipulzusmomentuma jelöli ki a z irányt. A színskála egy normált számsűrűség, amely tömeg- és impulzusmomentum-binenként ki van skálázva az adott tömegbinbe eső objektumok számával, valamint a teljes hisztogram le van normálva a legnagyobb binértékkel. A konkrét példában 100 darab függetlenül szimulált galaxismagra vonatkozó összesített eredmény látható. Az egyes galaxismagok 16 darab egymáshoz képest random módon elforgatott pályaorientációjú feketelyuk-populációból állnak, amelyek külön-külön 128



objektumot tartalmaznak. Ez összesen galaxismagonként 2048 fekete lyukat jelent, amely mintából 100 független szolgált a statisztikai vizsgálathoz. Az ábrán látható eredmény azt mutatja, hogy fokozatosan, de szignifikánsan ~ 10 -es tömegegység (a skálaválasztás a megfigyelésekhez illeszthető) fölött, a fekete lyukak impulzuszórány-eloszlása anizotropiá válik, amit a színek jeleznek.

A kutatás eredményeiből a hallgató publikációt ír, amelynek kézírata a beszámoló leadásakor félkész állapotban van (a kéziratban a módszertan és eredmények fejezetek készen, a bevezetés fejezet félkészben vannak, az absztrakt és a konklúzió fejezetek készülőben vannak).

A hallgató a 2017/2018-as tanév I. szemeszterében a következő kurzusokat vette föl és hallgatta: Rádiócsillagászat I. (FIZ/2/032E), Csillag- és galaxispopulációk (FIZ/2/120), Bevezetés az általános relativitáselméletbe I. (FIZ/2/021E). A hallgató 2018. január 28-tól 2018. február 3-ig a svájci Saas-Fee-ben megrendezésre kerülő "48th Saas-Fee Advanced Course on Black Hole Formation and Growth" című téli iskolán vesz részt, ahova jelentkezését elfogadták és ahol eredményeiből posztert prezentál. A hallgató rendszeresen részt vesz az Atomfizika Tanszéken hetente szervezett "Astrophysics Lunch" szemináriumon, valamint a két hetente tartott Intézeti szervezésű Ortway Kollokviumon, továbbá részt vett több alkalommal az Elméleti Fizikai Tanszék szervezésében tartott Statisztikus Fizikai Szemináriumon.

A 2017/2018-as tanévre a hallgató Új Nemzeti Kiválóság Program pályázatot nyert, amelynek keretéből utazik a fentebb említett téli iskolára.

A kecskeméti Bolyai János Gimnáziumban pályaorientációs és diáknapi alkalmából ismeretterjesztő, tudományt népszerűsítő előadást tartott a 2017-ben fizikai Nobel-díjjal elismert kutatók munkásságáról és a LIGO gravitációshullám-kutatásairól, amely szorosan kapcsolódik a hallgató korábbi és jelenlegi kutatási tevékenységéhez egyaránt.

Kelt.: Budapest, 2018. január 15.

Szölgyén Ákos

Szölgyén Ákos
hallgató

Dr. Kocsis Bence

Dr. Kocsis Bence
témavezető