

2. félévi beszámoló
Máthé Gergely (gergelymathe@caesar.elte.hu)
Részecskefizika és csillagászat
Dr. Kocsis Bence

“Statistical mechanics and gravitational wave astrophysics of galactic nuclei”

Bevezetés:

A doktori tanulmányaim jelen félévében a már korábban megkezdett kutatásaimat folytattam illetve tanulmányi kötelezettségeimnek tettem eleget. Kutatásaimnak két fő csapásiránya a galaxismagokban kialakuló komplex struktúrának ismert statisztikus fizikai módszerek alkalmazásával történő, megértése illetve statisztikus fizikai elméletek próbája galaxismagokon. Galaxismagok statisztikus fizikai módszereivel történő leírására az egyes részecskék impulzusmomentumainak gyors, dinamikai relaxációja teremti meg a lehetőséget [1-5]. Ezt a folyamatot vektor rezonáns relaxációnak nevezik. A legegyszerűbb, egykomponens tartalmú modell esetén (azonos tömegű, félnagy tengelyű és excentricitású részecskék) a rendszert leíró Hamilton-függvény, sorfejtésének vezető rendjében, megegyezik a folyadék kristályok Maier-Saupe modelljével [6]. Az első fősodorba tartozó kutatómunkám célkitűzése egy ilyen, egykomponensű rendszernek a megértése N-test időfejlődés-szimulált rendszerek numerikus statisztikus analízisével illetve az eredményeim összevetése átlagtérelméleti modellek eredményeivel [6,7]. Kutatásom másik fősodruba alternatív statisztikus fizikai modellek tesztje tartozik. Ezt motiválja például a szilárdtestfizikával mutatott meglehetősen hasonlóan, nem-additív entrópia segítségével levezetjük az átlagtérelméleti modellt és összehasonlítjuk az időfüggő szimulációk eredményével. Konkrétan a statisztikus fizika más területein használt Tsallis-féle entrópia érvényességét teszteljük.

Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése:

Jelen félévben kutatásaim publikációinak előkészítésével foglalkoztam. Ahhoz, hogy a VRR-t meg tudjuk érteni numerikus statisztikus eljárások segítségével, nagy mennyiségű, a paraméter teret (E,L) ahol E a rendszer összenergiája, L pedig annak normált összimpulzusmomentuma) jól lefedő, nagy pontossággal preparált szimulációkra van szükségünk. Kutatómunkám során kiderült, hogy a kezdeti eloszlások (E,L) értékeinek precíz preparációja nem triviális, annak megkövetelése viszont elengedhetetlen a numerikus statisztikus eljárások bemenetét képező szimulációs adatok megfelelően pontos kiértékelése érdekében. A félév során a kezdeti eloszlásokat generáló és időfejlesztő N-test szimulációs kódok openMPI parallelizált változataiba implementáltam az (E,L) paramétereket pontosan preparáló eljárást, valamint végeztem el és végzem az így kiegészített kódokkal újrafuttatott szimulációkból kapott adatok numerikus statisztikai analízisét. Másik fő kutatásom, a Tsallis-féle entrópia galaxismagok esetén történő használatának mélyebb megértését célozza meg. E kutatás során kiderült, hogy a szokásos eljárást használva, amely a kényszerek kirovása mellett maximalizálja az entrópiát a variációs probléma megoldásával, nem származtatható le az összes olyan sűrűségfüggvény, amely kielégíti a rá kiszabható önkonzisztencia egyenletet. A kutató munkám során egy alternatív eljárást követve lezártuk az összes eloszlásfüggvényt, amely a rá kiróható önkonzisztencia egyenletet kielégíti illetve vizsgáljuk az implikációkat az egyensúlyi mennyiségek, mint entrópia S , inverz hőmérséklet T^{-1} illetve a rendszert leíró rendparaméterek tekintetében.

Publikációk:

1. A numerical study of the statistical physics of vector resonant relaxation: első szerző; kéziratban
2. Gravitational system driven by nonextensive entropy: első szerző; kéziratban

Tanulmányi tevékenység az aktuális félévben:

A félév során három tárgy elvégzését tűztem ki célul. Ezek mindegyike haladó informatikai eljárások elsajátítását célozza meg, amelyek mind nagy mértékben lesznek szükségesek, a legkésőbb a következő évtizedben üzembe álló, az eddigiekben soha nem látott adattömeget produkáló új mérőműszerek kapcsán [8].

A tárgyak a következők voltak:

1. Mélytanulás és gépi tanulás a tudományokban; neptun kód: FIZ/3/089; A tárgy célja a neurális hálókkal megvalósítható gépi tanulási modellek megismerése illetve azok készítésének és tudományos használatának elsajátítása volt.
2. Adatbányászat a csillagászatban; neptun kód: FIZ/2/119; A kurzus célja modern, a kozmológiában és a csillagászatban használt, informatikai eljárásokkal való megismerkedés, azok használatának elsajátítása volt 3 projekten keresztül. A projektek kozmológiai paraméterbecsléssel, fotometrikus vöröseltolódás becsléssel és mért abszorpciós spektrumok kiértékelésével foglalkoztak.
3. Adatexploráció és vizualizáció; neptun kód: FIZ/3/085; A tárgy célkitűzése diverz ismeretek megszerzése volt adat elemzés és vizualizáció témakörökben.

Konferenciák az aktuális félévben:

1. PHAROs PhD Training School: Multi-messenger physics and astrophysics with compact binaries, 2019.03.11-15. Jéna, Németország; poszter prezentáció
2. Nonextensive Statistical Mechanics, Superstatistics and beyond: Theory and Application in Astrophysical and other Complex Systems, 2019.07.02.-08. Erice, Olaszország; szóbeli prezentáció

Oktatási tevékenység az aktuális félévben:

1. Környezetfizikai Laboratóriumi Gyakorlat 2.; NAP, A napenergia tárolása akkumulátorokban; mérésvezető

Irodalom jegyzék:

1. Rauch, K.P. & Tremaine, S. 1996, New A. 1, 149.
2. Kocsis, B. & Tremaine, S. 2011, MNRAS 412, 187
3. Kocsis, B. & Tremaine, S. 2015, MNRAS 448, 3265
4. Fouvry, J-B. et al. 2018, arXiv:1812.07053
5. Roupas, Z. & Kocsis, B. and Tremaine, S. 2017 Astrophys. J.842, 90.
6. Takács, Á. & Kocsis, B. 2018 Astrophys. J. 856, 113.
7. Dickinson, H. et al. 2019, arXiv:1903.07776