

1. félévi beszámoló

Matécsa Barbara (matecsa.barbara@csfk.org)

Csillagászat és Űrfizika PhD program

Témavezető: Csabai István (ELTE), Kovács András (CSFK)

A dolgozat címe: A kozmikus háló feltérképezése: a szimulációktól
a legmélyebb galaxis felmérésekig

Bevezetés

A kutatási téma leírása: A modern kozmológia egyik átfogó célja a kozmikus háttérsugárzás (CMB) anizotrópiákban látható apró sűrűségi fluktuációk rekonstruálása, és hogyan nőnek a bonyolult kozmikus hálózattá. A Λ CDM (Lambda Cold Dark Matter) kozmológiai modell kiváló magyarázó erejét mutatta be a különböző kozmikus skálákon és korszakokban, és egy biztonságos történetet mesél el egy olyan univerzumból, amely jelenleg túlnyomórészt sötét anyaggal és sötét energiával van tele. Mégis, ez a magyarázat nem teljesen kielégítő, mert a sötét összetevők valódi természete továbbra is rejtély.

Ebben a doktori projektben azon dolgozom, hogy kifejlesszek új eszközöket a rejtélyes sötét energiakomponens megértéséhez a legmodernebb galaxis- és kvazár-adatkészletek felhasználásával. Megvizsgálom a szerkezet növekedési rátáját extrém környezetekben, ahol a QSO-k által nyomkövetett sűrűségi csúcsok találhatóak, valamint a sötét és üres voidok területén. Különösen részletesen tanulmányozzuk, hogyan nyújtja ki a sötét energia a legnagyobb kozmikus szuperhalmazokat és a hatalmas kozmikus voidokat, mintegy 300 millió fényév terjedelemben, amely bizonyítékokat szolgáltat másodlagos forró és hideg foltok formájában a CMB hőmérséklet/lencse anizotrópia térképein.

Megfontolunk egy felmerülő új hipotézist is, miszerint a közelmúltban bejelentett kozmológiai anomáliák, amelyek a tágulás és a szerkezetnövekedés finom egyensúlyáról szólnak, magyarázhatók lennének, ha a Univerzum tágulása inhomogén lenne, szemben a koncordancia modell alapvető feltevésével.

A tervezett 4 éves program fő célja, döntő kereszt-korrelációs mérések végzése a szuperstruktúrák és a CMB között még nem feltárt, kulcsfontosságú vöröseltolódási tartományokban, ahol a sötét energia standard és alternatív modellei a legjelentősebben különböznek ($z > 1$). Az SDSS/BOSS, Pan-STARRS és DES felmérésekből származó előzetes eredmények az ELTE és a CSFK-val együttműködő kozmológiai kutatócsoportunkat erős pozícióba helyezik a tervezett új LSST-DESC, Euclid, J-PAS és WEAVE-QSO elemzések vezetéséhez. Ezekkel az új eszközökkel a kozmikus hálózatban valószínűsíthetően megállapítjuk, hogy valamilyen eddig ismeretlen fizikai hatások vagy szisztematikus torzulások bonyolítják-e a képet. Akárhogyan is lesz mindenképpen új ismereteket szereznünk az Univerzumból a legnagyobb skálákon.

A fő kutatási cél: Az MTA-CSFK Lendület Nagyskálás Szerkezet projekt keretében a következő három fő kozmológiai előtérhatás szimulált és megfigyelési jellemzésére fogok összpontosítani a CMB-ben, magas vöröseltolódású galaxis- és QSO-adatkészletek felhasználásával történő keresztkorrelációval. A legnagyobb kozmikus struktúrák felhasználásával ezek a kozmológiai hatások egyedülálló lehetőséget kínálnak mindhárom fő hatás tanulmányozására a kozmikus energia hatásában, különös tekintettel a legextrémebb kozmikus környezetekre:

1. Gravitációs lencse hatás: többnyire a sötét anyag természetét vizsgálja nem Gaussi CMB térkép torzítások segítségével.
2. Integrált Sachs-Wolfe effektus (ISW): a sötét energia tulajdonságait vizsgálja a legnagyobb megfigyelhető skálákon a CMB-ben.
3. Termális Sunyaev-Zeldovich effektus (tSZ): a barionos gáz nyomását vizsgálja voidokban és halmazokban, asztrofizikai hatásokat tesztelve.

Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése

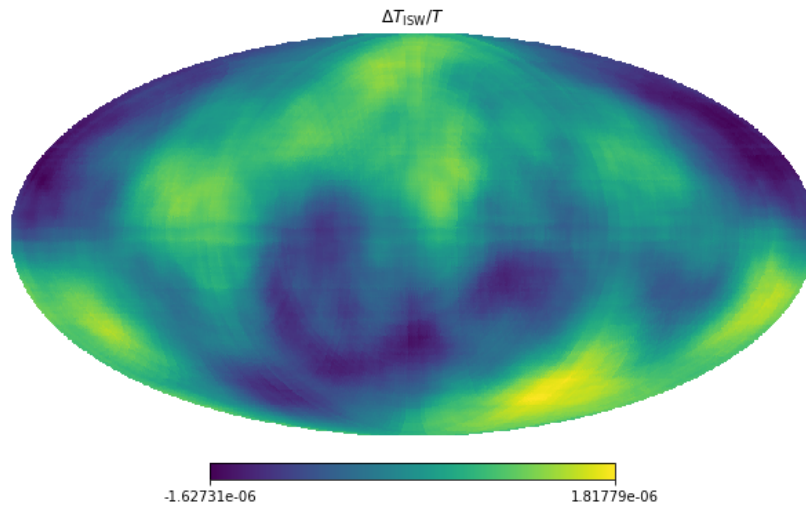
A félév elején sok oktató videót néztem a kvazár spektrumok vizuális vizsgálata kapcsán. Ezután cikkeket olvastam, amikben a Lyman- α erdő analízis különböző aspektusait tanulmányoztam. A munkám során majd ilyen szimulált kvazár katalógussal szeretnék dolgozni, a LyaCoLoRe szoftver csomag segítségével. Ennek az alapja azonban a CoLoRe kód, így a félév során elkezdtem a szimulációhoz szükséges programok használatát megtanulni, illetve egyszerű tesztfutásokat készítettem. Először a CoLoRe (Cosmological Lofty Realization) programot kezdtem el használni. Ez egy nyilvánosan elérhető forráskódú szoftver csomag, egy párhuzamosított C kód, amely hatékonyan generálja több kozmológiai felmérés szintetikus megvalósítását. Szimulálni tudja a növekedési struktúrát különböző fok pontossággal, a jelenlegi verzió támogatja a lognormális mezőket, első és másodrendű Lagrange-féle perturbációelméletet. A CoLoRe a sűrűségmezőt szimulálja egy teljes égbolt fényképen a kívánt maximális vöröseltolódásig, és több 2D és 3D-s térképek létrehozására használja a: galaxis pozíciókat és -sebességeket, lencsésítés (nyírás, nagyítás, konvergencia), integrált Sachs-Wolfe effektus, vonalintenzitás térképek és látóirány vonalakat a Lyman- α erdő szimulációihoz.

Ezután a Revolver (REal-space VOId Locations from surVEy Reconstruction) program csomagot kezdtem el tanulmányozni, most ezen dolgozom. Ez szintén egy void és szuperhalmaz kereső kód.

Tanulmányi tevékenység az aktuális félévben

A félév során az alábbi kurzusokon vettem részt:

- FIZ/5/009 Rádiócsillagászat I.
- FIZ/5/043 (Exo)Bolygóléggörök szeminárium
- FIZ/5/055 Naprendszerbeli plazmák fizikája



1. ábra. Integrált Sachs-Wolfe effektus térképe szimulált adatokból a CoLoRe kóddal

Konferenciák az aktuális félévben

- WEAVE-QSO Meeting 2023 December 5-7. Paris, France (online)
- Rendszeresen részt vettem a CSFK Csillagászati Intézetének szemináriumaim személyesen vagy online.
- Az egyetemen rendezett Ortvay-kollokvium előadásain is részt vettem.

Szakmai közéleti tevékenység

A Csillagászati Intézetben megrendezett halloweeni program előadásában segítettem.