

**Kis-Tóth Ágnes**

**Beszámoló az doktori képzés első félévéről**

A kutatási témám a kozmológiai ionizált buborékok struktúrájának modellezése és ezen buborékok várható és a jövőben mérhető Lyman és Balmer spektrumának leírása. A kozmológiai ionizált buborékok olyan régiók a galaxisközi térben, melyeket kvazárok és galaxisok fénye ionizált. Ezen régiók növekedése és átfedése lehet felelős a kozmológiai reionizáció korszakáért, melynek pontos körülményei még tisztázatlanok. A kozmológiai ionizált régiók kialakulása, fejlődése és spektruma sok szempontból hasonló a forró csillagok által ionizált H II régiókéhoz [1][6], azonban eltérő az ionizáló sugárzás spektruma, az ionizált régió sűrűsége, illetve alapvető különbséget jelent, hogy a kozmológiai buborékok esetén a jóval nagyobb méreteknél köszönhetően az univerzum tágulását is figyelembe kell vennünk [2]. 2018-ban várható a James Webb Space Telescope pályára állítása, melynek segítségével elképzelhető, hogy kozmológiai ionizált buborékok spektrumát is tudjuk majd mérni, így aktuálissá válnak ezek a kérdések.

Első körben az ionizáló forrás spektrumát a kvazárookra jellemző hatványfüggvény spektrumnak tekintettem, a ionizálandó anyagot pedig a homogén és izotróp tisztán hidrogénből álló intergalaktikus médium (IGM) szolgáltatta. A háttér univerzum és tágulásának leírásakor a sötét energia dominálta Lambda-CDM kozmológiai modellt vettem figyelembe. Ezek alapján és a H II régiók elméletére [1] támaszkodva alkottam meg a kozmológiai buborékok szerkezetének, növekedésének és várható Lyman és Balmer spektrumának kezdeti modelljét. Ebből a témából készítettem egy cikk tervezetet, azonban végső formájának elkészülte előtt a témavezetőmmel még a modell további pontosítása mellett döntöttünk. A félév során első sorban azon dolgoztam, hogy az intergalaktikus médium összetételének és sűrűségeloszlásának egyszerűsített képét árnyaljam a hélium jelenlétének illetve az IGM sűrűségbeli egyenetlenségeinek figyelembevételével.

A hélium az univerzum második leggyakoribb eleme, ezért a jelenlétét érdemes figyelembe venni [3], annak ellenére, hogy a leíró egyenletek és számolások így jelentősen bonyolultabbak. Egy hidrogénből és héliumból álló régió ionizációja szerkezetében és időfejlődésében is komplexebb képet mutat mint egy csak tisztán hidrogént tartalmazó modell. A forrás "bekapcsolását" követően az ionizáció szinte tökéletes gömbként terjed a közegben mind a hidrogén, mind a hélium esetén, ahol a gömb belsejében az adott elem szinte teljesen ionizált, a gömbön kívül viszont semleges. A hidrogén és a

hélium ionizációjának sugara a buborék fejlődése során végig eltérő, bár a két folyamat nem független egymástól. A héliummal bővített modellel jobb közelítést adhatunk a két elem ionizációjának mértékére a forrástól távolodva, illetve a két ionizációs front sugarára és időbeli fejlődésére, így pontosabb képet kaphatunk adott kvazár, vagy galaxis körüli ionizált buborék méretéről és struktúrájáról. Természetesen az így kapott eredmények továbbra is erősen függenek az ionizáló forrás életkorától és intenzitásától valamint az ionizálandó médium sűrűségétől. A számításaimat a témában a hagyományos H II régiók hidrogént és héliumot is tartalmazó elméletére alapoztam [1].

Az IGM összetételének módosítása mellett a sűrűségeloszlásának közelebbi vizsgálata is az eredmények pontosabbá tételét szolgálja. A homogén és izotróp, átlagos sűrűségű közeg jó kezdeti becslést ad, a sűrűség így csak az univerzum tágulásának ütemétől függ és az adott régió tőlünk való távolságának függvényében könnyen megadható. A félév során azonban vizsgáltam, hogyan és milyen mértékben változnak meg egy kozmológiai ionizált buborék paraméterei ha nem átlagsűrűség veszi körül az ionizáló forrást, hanem egy úgy nevezett "large-scale-overdensity". Ugyanis a galaxisok és kvazárok környezetében  $\sim Mpc$  skálán azt várjuk, hogy nagyobb a sűrűség, mint az átlagos IGM [4], és ez befolyásolja az általuk ionizált régió kiterjedését. Hagyományos H II régiók esetén megfigyelhető, hogy nagyobb sűrűségű régióban azonos intenzitású forrás azonos idő alatt kisebb méretű ionizált buborékot hoz létre, köszönhetően annak, hogy az ionizált anyagmennyiség kisebb térfogaton belül helyezkedik el. Ugyanez várható kozmológiai esetben is, így a jövőben a kvazárok körüli régiókra jellemző sűrűsödések egyre pontosabb megfigyelésével, az ionizált buborékok mérete is egyre jobban becsülhető lesz. [4][5]

A tervem a következő félévre, hogy a kozmológiai ionizált buborékok méretének, struktúrájának és időfejlődésének leírása után, a hélium jelenlétének és a sűrűség egyenetlenségeinek figyelembe vételével módosított modellben megbecsüljem a hidrogén Lyman és Balmer vonalainak abszolút és relatív intenzitását. Kezdeti becslést az egyszerűbb modell is már adott, így azonban pontosabb képet kaphatunk, valamint az ionizálandó médium összetételének és sűrűségének spektrumra gyakorolt hatását is vizsgálhatjuk. A cél, hogy az így kapott eredményekkel kiegészítve egy tudományos cikk születhessen a témában.

A jövőben a frekvencia spektrum mellett a felületi fényesség profil is érdeklődésre ad okot, hiszen ezek a buborékok nem pontszerű források, hanem felbonthatóak lesznek. Terveim között szerepel a kvazárok és galaxisok által ionizált régiók felületi spektrum felbontásának részletesebb modellezése, illetve ehhez kapcsolódóan a James Webb Space

Telescope működésének és mérési határainak [7] részletesebb megismerése, hogy megbecsülhessem a kozmológiai ionizált buborékok képének a várható felbonthatóságát.

Az elmúlt félévben a kutató munka mellett oktatási és tanulmányi feladataim is voltak. Oktatóként az Alkalmazott Fizikai Módszerek Laboratórium Gamma-spektroszkópia mérését tartottam és értékeltem Fizikus MSc szakon hallgató diákok számára. Tanulmányaim során a kutatási témámhoz kapcsolódóan hallgattam magyar illetve angol nyelvű előadásokat nagyenergiás asztrofizika, csillag és galaxis populációk, spektroszkópia és speciálisan infravörös spektroszkópia témakörökben. Mind a kvazárok fizikájának jobb megértésében, mind a kísérleti spektroszkópiával kapcsolatos ismereteim elmélyítésében ezek az órák a segítségemre voltak. Tanulmányi keretek között magam is tartottam egy angol nyelvű előadást az univerzum nagyskálás szerkezete és a kozmológiai paraméterek közötti lehetséges kapcsolatokról és ezek kísérleti bizonyítékairól.

Az iskolai kereteken kívül a félév során, ahogyan a korábbi években is, részt vettem a European Physics Society Young Minds szervezetének munkájában, melynek fő célja a nemzetközi kapcsolatépítés és a fizikai tudományok népszerűsítése. Ebben a félévben az ELTE Lágymányosi kampuszán, a Kutatók éjszakája keretein belül megrendezett Interaktív fizikai kísérlet bemutató, illetve a Náboj nemzetközi fizikaverseny hazai fordulójának megszervezésében segítettem.

#### Hivatkozások

- [1] Donald E. Osterbrock "Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei" University Science Books 1989
- [2] Shapiro, P. R.; Giroux, M. L. "Cosmological H II regions and the photoionization of the intergalactic medium" Astrophysical J., vol. 321, Oct. 15, 1987, p. L107-L112
- [3] Compostella, M.; Cantalupo, S.; Porciani C. "AGN-driven helium reionization and the incidence of extended HeIII regions at redshift  $z > 3$ " M.N.R.A.S. Vol. 445, p.4186 2014
- [4] Morselli, L.; Mignoli, M. et al. "The primordial environment of super massive black holes: large scale galaxy overdensities around  $z \sim 6$  QSOs with LBT" A. and A. 568, A1 (2014)
- [5] Kuhlen, M.; Faucher-Giguère, C.A. "Concordance models of reionization: implications for faint galaxies and escape fraction evolution" M.N.R.A.S. Vol. 423, p. 862 2012
- [6] Pengelly, R. M. "Recombination spectra, I" M.N.R.A.S. Vol. 127, p.145 1964
- [7] Gardner, J.P.; Mather, J.C.; Clampin, M. et al. "The James Webb Space Telescope" Space Science Review 123: 485 2006