

1. félévi beszámoló

Seller Károly, sellerk@caesar.elte.hu
Részecskefizika és csillagászat program
Témavezető: Trócsányi Zoltán

Dolgozat címe: Cosmological constraints on a $U(1)$ extension of the standard model

Bevezetés

Az MSc diplomamunkámat más témából írtam (A királis fázisátalakulás vizsgálata funkcionális renormálási csoport módszerrel), így a Standard Modellen túli fizika számomra új terület volt, melyre Trócsányi Zoltán invitált meg még tanulmányaim során. A részecskefizikai fenomenológia csoport, melynek én is tagja lettem, 2019 őszén alakult meg, három külföldről érkezett posztdoktorral és Cynolter Gáborral, Trócsányi Zoltán vezetésével. A csoport fő irányvonala a címben említett $U(1)$ kiterjesztett modell vizsgálata mind részecskefizikai és kozmológiai szempontból.

Félévben végzett kutatások ismertetése

Az én feladatom a csoportban a kozmológiai és részecske-asztrfizikai módszerek megtanulása és ismertetése. Mivel a csoportban csak kevés korábbi tapasztalat volt ezen területeken, ezért a félév során a csoportmegbeszéléseken majdnem minden héten egy körülbelül két órás előadást tartottam. Ezek során először eljutottunk az alapoktól (Friedmann egyenletek, Hubble-állandó, állapotegyenletek, entrópiasűrűség) a Boltzmann-egyenletekig, melyeket különböző kozmológiailag érdekes szituációkra alkalmazva meg is oldottam (proton neutron arány, rekombináció, nukleoszintézis, WIMP). A felmerülő differenciálegyenleteket *python* segítségével numerikusan oldottam meg. Ezek természetesen mind ismert eredmények, többek között *Edward Kolb, Michael Turner - The Early Universe* című könyvét és *Scott Dodelson - Modern Cosmology* című könyvet használtam, kiegészítve a hivatkozott cikkekkel és egyéb segédanyagokkal. A reprodukált, és helyenként a könyvhöz képest továbbfejlesztett számolásokból és eredményekből angol nyelvű jegyzetet készítettem, hogy könnyen visszaolvasható és terjeszthető legyen a csoport tagjai között.

A részecske-asztrfizika alapvető eszközeinek megismerése után úgy gondoltam, hogy célszerű lenne egy már ismert modellt megtekinteni, és azon keresztül megtanulni, hogy hogyan lehet Standard Modellen túli fizikát kozmológiai keretek között tesztelni. Ehhez az axionokat választottam, mivel ez egy jól ismert és tárgyalt modell mind a részecskefizika, mind a kozmológia területén. Az axionok elméleti megalapozása után a kozmológiai következményekről (hideg/meleg sötét anyag) majd az esetleges detektálási lehetőségekről összesen három előadást tartottam. A leírt előkészületek után áttértem a standard modell $U(1)$ kiterjesztésének vizsgálatára. Céлом, hogy megvizsgáljam, lehet-e a modell

legkönnyebb stabil részecskéje - amelyre a jobbkezes neutrínó a várható jelölt - olyan sötét anyag, amellyel a világegyetemben levő anyag energiasűrűsége értelmezhető.

Tanulmányi tevékenység

A félév során összesen egy tárgyat vettem fel, Szép Zsolt által tartott "Véges hőmérsékletű kvantumtérelmélet és asztrofizikai alkalmazásai" című órát (heti 3 óra).

Jelenleg Firenzében tartózkodom (2020. január 6 - 24.) a Galileo Galilei Intézet által szervezett "Lectures on the theory of fundamental interactions" című PhD téli iskolán (az iskola honlapja: <http://www.ggi.infn.it/ggilectures/ggilectures2020>). Az első héten QCD jet-fizikáról és a gravitációs hullámok effektív modellel való tárgyalásáról tanultunk Jesse Thaler (MIT) és Rafael Porto (DESY) előadásaiban, a második héten Silvia Pascoli (Durham University) tartott előadást a neutrínófizikáról és Luigi Del Debbio (Edinburgh University) a rácskérelméletről. Az utolsó héten Guilherme Pimentel (Amsterdam University) fog beszélni kozmológiai témákról és Nima Arkani-Hamed (IAS Princeton) tart előadást "Positive Geometry of the Real World" címmel.

Ebben a félévben először tartottam a Kvantummechanika A gyakorlatot Vona Istvánal. A gyakorlat során a hallgatóknak 4 kötelező feladatsort kellett megoldaniuk és összesen két zárthelyi dolgozatot írtunk. A hallgatóknak lehetőségük volt minden órán egyéni megnyilvánulásra egy előre kitűzött feladat táblánál való megoldásával, amivel csak kevesen éltek. A gyakorlat teljes anyagából gépelt jegyzet született, amit a hallgatók minden óra után megkaptak.