

პირველადი მაგნიტური ველების ევოლუცია დაჯახებად კლასტერებში

გიორგი ვასაძე

სამაგისტრო ნაშრომი წარდგენილია ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტის
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებისა და მედიცინის ფაკულტეტზე ფიზიკის მაგისტრის
აკადემიური ხარისხის მინიჭების მოთხოვნის შესაბამისად

ფიზიკისა და ასტრონომიის სამაგისტრო პროგრამა

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: თინათინ კახნიაშვილი, პროფესორი

სამეცნიერო თანახელმძღვანელი: სალომე მჭედლიძე, დოქტორანტი

ილიას სახელმწიფო უნივერსიტეტი

თბილისი, 2022

განაცხადი

როგორც წარდგენილი სამაგისტრო ნაშრომის ავტორი, ვაცხადებ, რომ ნაშრომი წარმოადგენს ჩემს ორიგინალურ ნამუშევარს და არ შეიცავს სხვა ავტორების მიერ აქამდე გამოქვეყნებულ, გამოსაქვეყნებლად მიღებულ ან დასაცავად წარდგენილ მასალებს, რომლებიც ნაშრომში არ არის მოხსენიებული ან ციტირებული სათანადო წესების შესაბამისად

გიორგი ვასაძე

20 იანვარი, 2022 წელი

აბსტრაქტი

მაგნიტური ველები გავრცელებულია ყველა კოსმოსურ მასშტაბზე: დაწყებული პლანეტებიდან და ვარსკვლავებიდან გალაქტიკებისა და გალაქტიკათა კლასტერების მასშტაბებამდე. დაკვირვებები აჩვენებს μG სიძლიერის მაგნიტურ ველებს და მათ დიდმასშტაბოვან მორფოლოგიას გალაქტიკებსა და გალაქტიკათა კლასტერებში, სადაც მათი კორელაციური სიგრძეები რამდენიმე ათეულ კილოპარსეკს აღწევს; თუმცა ამ დიდმასშტაბოვანი მაგნიტური ველების წარმოშობა კვლავ უცნობია. ყველაზე გავრცელებული და მიღებული ჰიპოთეზის თანახმად, დაკვირვებადი მაგნიტური ველები უნდა წარმოიქმნილიყო სუსტი, ჩანასახოვანი მაგნიტური ველების გაძლიერების შედეგად, რომლებიც წარმოიქმნება ასტროფიზიკური ან კოსმოლოგიური სცენარის მიხედვით. შორეულ ბლაზარებზე დაკვირვებები მიანიშნებს იმაზე, რომ კოსმოსურ სივრცეებში შესაძლოა არსებობდეს ძალიან სუსტი მაგნიტური ველები, რაც ეწინააღმდეგება ჩანასახოვანი მაგნიტური ველების წარმოქმნის, გაძლიერებისა და დიდ მასშტაბებზე გადატანის ასტროფიზიკურ სცენარს. მეორე მხრივ, ინფლაციური მექანიზმით დაგენერირებულ პირველად მაგნიტურ ველებს, შეუძლიათ ახსნან კოსმოსური სივრცეების მაგნეტიზება. ინფლაციის შედეგად წარმოქმნილ ჩანასახოვან ველებს შეიძლება ჰქონდეთ შეუზღუდავი კორელაციური სიგრძე, რაც ამ სცენარს კვლევისთვის საინტერესო სცენარად აქცევს.

ჩვენს ნაშრომში შევისწავლით ინფლაციის შედეგად წარმოქმნილ პირველადი მაგნიტური ველების ევოლუციას მასიურ გალაქტიკათა კლასტერებში, რომლებიც გადიან დაჯახებათა სერიებს. ჩვენ ვიყენებთ კოსმოლოგიურ მაგნეტოჰიდროდინამიკურ კოდს ENZO და AMR (Adaptive Mesh Refinement) ტექნიკას კლასტერის შიგნით პირველადი მაგნიტური ველების შესასწავლად ჩვენ ვაჩვენებთ, რომ მაგნიტური ველების საბოლოო განაწილება გალაქტიკათა კლასტერების ცენტრში (მაღალი სიმკვრივის არეალი) განსხვავებულია იმის მიხედვით, თუ დაჯახების რა ეტაპზეა კლასტერი. დაჯახების საბოლოო ეტაპზე მყოფ კლასტერში მოსალოდნელია მაგნიტური ველების უფრო დიდი მნიშვნელობები კლასტერის ცენტრში, თუმცა კლასტერთა ცენტრის გარეთ მაგნიტური ველების განაწილებებში განსხვავებები არ დაიკვირვება.

წარმოდგენილი ნაშრომი ორი ნაწილისგან შედგება. პირველ ნაწილში განვიხილავთ დიდმასშტაბოვანი მაგნიტური ველების დაკვირვების ტექნიკებსა და ამ ველების სიდიდის ზღვრებს. მეორე ნაწილში წარმოგიდგენთ დაჯახებად გალაქტიკათა კლასტერებზე ჩატარებული კოსმოლოგიური სიმულაციების შედეგებს.

ძირითადი საძიებო სიტყვები: პირველადი მაგნიტური ველები, ერთგვაროვანი მაგნიტური ველები, დაჯახებადი გალაქტიკათა კლასტერები

Abstract

Magnetic fields are ubiquitous on all cosmic scales probed so far: from planets and stars to galaxies and galaxy cluster scales. Observations show the large scale morphology of these fields in galaxies and clusters of galaxies with the strength of μG and correlation lengths reaching a few tens of kpc in galaxy clusters. Yet, the origin of these fields remains unknown. A common, accepted hypothesis is that the observed fields are produced from the amplification of much weaker pre-existing seed fields generated either from an astrophysical or a cosmological scenario. An intriguing possibility of having very weak magnetic fields in cosmic voids, as hinted at by observations of distant blazars, poses a challenge for the astrophysical scenarios of the seed field generation, amplification and transfer to large cosmological scales. On the other hand, cosmological seed magnetic fields, such as inflation-generated primordial magnetic fields (PMFs) can explain the magnetisation of cosmic voids. Interestingly, Inflation-generated seed fields might have unlimited correlation length scales which makes inflationary magnetogenesis an attractive scenario.

In our work, we study the evolution of inflation-generated PMFs in massive galaxy clusters undergoing a series of mergers. The episodes of merging produce turbulence in the intracluster medium (ICM). We use the cosmological magnetohydrodynamical (MHD) code ENZO with the adaptive mesh refinement (AMR) to resolve turbulent motions inside the clusters and study the amplification of primordial seed magnetic fields. We show that the final distribution of magnetic fields in the centre (largest densities) of galaxy clusters show differences according to the merging state of the cluster. Larger magnetic field strengths are expected in the cluster which is at the final stage of merging. Although, for the lower densities the studied clusters show no differences in the magnetic field distribution.

The presented thesis work consists of two parts. In the first part, we review observational techniques for the large scale magnetic fields and limits on the field strength. In the second part, we present the results of our cosmological simulations of merging galaxy clusters.

Keywords: primordial magnetic fields, homogeneous magnetic fields, merging galaxy clusters.

მადლობა

მადლიერება და პატივისცემა მინდა გამოვხატო ჩემი ხელმძღვანელის თინათინ კახნი-აშვილის და თანახელმძღვანელის სალომე მჭედლიძის მიმართ ამ დროის განმავლობაში სამაგისტრო ნაშრომის მომზადებაში გაწეული დახმარებისა და ზედამხედველობისათვის.