

კოსმოლოგიური თეორიების ევოლუციურ-ეკოლოგიური ხასიათის მოკლე ანალიზი

თეიმურაზ ადვიშვილი**, ოთარ კვარაცხელია***, ეკატერინე ჟღენტი****,
იუზა ადვიშვილი*****

საქართველოს ეკოლოგიურ მეცნიერებათა აკადემია*
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი**
აკადემიკოს ე. ხარაძის სახელობის აბასთუმნის ასტროფიზიკური ობსერვატორია***
საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია****
თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი*****

აბსტრაქტი. ნებისმიერი ფიზიკური თეორიის რეალურ სამყაროში გამოყენების მცდელობისას, ჩვენ ყოველთვის ვაწყდებით გარკვეულ სირთულეებს, რომლებიც დაკავშირებულია მასთან, რომ სამყაროში განთავსებულია ძალიან ბევრი, შეიძლება უსასრულო რაოდენობის სხვადასხვა კოსმოსური სხეული. არც მათემატიკური მეთოდები და არც ადამიანური შესაძლებლობები არ იძლევა იმის საშუალებას, რათა ზუსტად აღწეროთ ყოველი ამ სხეულის ფიზიკური თვისებები. ამიტომ, ისინი, ვინც კოსმოლოგიაში მუშაობენ, იქცევიან ისე, როგორც ფიზიკოსები მიკროსამყაროში მიმდინარე მოვლენების კვლევისას. აირის, ან სითხის, აღწერისას ისინი ყურადღებას არ აქცევენ ცალკეულ ნაწილაკთა თვისებებს. კერძოდ, მათ ცვლიან იდეალურად დრეკადი ბურთულეებით. ასეთმა მიდგომამ საშუალება მოგვცა შემოგვეტანა ისეთი მნიშვნელოვანი ცნებები, როგორიცაა ტემპერატურა და წნევა, რომლებიც ეკუთვნის ნაწილაკთა დიდი რაოდენობისაგან შედგენილ ანსამბლს.

საკვანძო სიტყვები: კოსმოლოგია, ევოლუცია, ეკოლოგია, რელატივიზმი.

1. შესავალი

ისინი, ვინც მუშაობენ კოსმოლოგიის კუთხით, კიდევ უფრო შორს წავიდნენ. გალაქტიკების ინდივიდუალური თვისებებისა და მათი ურთიერთქმედების გამო-რიცხვის მიზნით, კოსმოლოგები წარმოდგენით „ანამცეცებენ“ გალაქტიკას და აქცევენ მას „ფხვნილად“. ასეთი „გალაქტიკური ფხვნილით“ ისინი ავსებენ სივრცეს ისე, რომ ნებისმიერ ადგილას „ფხვნილის“ სიმკვრივე ტოლი იყოს მოცემული სივრცის ნაწილში არსებული გალაქტიკების ჯამური მასა გაყოფილი მის მოცულობაზე. კოსმოლოგიაში მატერიის, ან ენერჯის სიმკვრივის, ცნებების შემოტანა საშუალებას იძლევა აუცილებლობის შემთხვევაში გამოვიყენოთ ჰიდროდინამიკის კანონები.

სწორია თუ არა ასეთი მიდგომა? ალბათ სწორია, თუ არ ჩავთვლით განსაკუთრებულ შემთხვევებს, თუ განხილული სისტემის რომელიმე ნაწილის ცვლილება ძირეულად არ ცვლის მთელ სტრუქტურას. მართლაც თუ ერთი გალაქტიკა გახდება მთელ სამყაროში, ან მის შედარებით დიდ ნაწილში, გლობალური ცვლილების მიზეზი, მაშინ ასეთი გალაქტიკის ინდივიდუალური თავისებურებების უგულვებელყოფა, სულ მცირე უაზრობაა, რამდენადაც არ გვაძლევს ასეთი ტიპის მოვლე-

ნების წინასწარმეტყველების შესაძლებლობას.

ატომურ ფიზიკაში ანალოგიური სიტუაციები სავსებით შესაძლებელია. კლასიკურ მაგალითს წარმოადგენს ატომური ბომბი, რომელშიც შესაბამისი სახით შერჩეული ენერგიის მქონე ერთი ნეიტრონი იწვევს მილიარდობით ატომის აფეთქებას, უფრო ზუსტად მათ გაყოფას, რომელსაც თან ახლავს უზარმაზარი ენერგიის გამოყოფა. ასეთ პროცესებს ფიზიკოსები ჯაჭვურ რეაქციას უწოდებენ, რადგანაც ეს პროცესები მიმდინარეობენ არა ერთ ადგილას და ერთ მომენტში, არამედ თითქოს ვრცელდებიან „ჯაჭვისებურად“, ერთი ატომიდან მეორეზე.

თანამედროვე კოსმოლოგიაში გამოირიცხება „ჯაჭვური რეაქციები“. ითვლება, რომ გალაქტიკაში მიმდინარე პროცესი შეიძლება გავრცელდეს მეზობელ გალაქტიკებში, არა ჯაჭვური რეაქციის სახით, არამედ, სწრაფი მილევის რეჟიმში, თანაც სწრაფად კოსმოსური მასშტაბის მოვლენებში. ასეთი მოსაზრება მოგვცემს დიდ უპირატესობას და მასზე უარის თქმის არანაირი საფუძველი არ არსებობს. გალაქტიკებს შორის მანძილი იმდენად დიდია, რომ ერთი გალაქტიკის მეორეზე გავლენა კოსმოლოგიური პრობლემების გადაჭრისას შეიძლება კიდევ ვუზღუდვებელვყოთ [1, 2].

2. რელატივისტური კოსმოლოგიური თეორიები

ახლა გადავიდეთ რელატივისტური კოსმოლოგიის ძირითადი შედეგების აღწერაზე რთული მათემატიკური თეორიების გამოყენების გარეშე. ასეთი მიდგომა გამოწვეულია იმ ფაქტორით, რომ განსჯის ყველა დეტალის გადმოცემა მოითხოვს მათემატიკური მომზადების ერთობ მაღალ დონეს.

კოსმოლოგიაში კვლევის ძირითად მათემატიკურ იარაღს წარმოადგენს დიფერენციალური განტოლებები, რომლებიც საწყისი დაშვების აღწერის გამოსახვის მეთოდია. საწყისი დაშვებების ცვლილებას მივყავართ დიფერენციალური განტოლებათა სხვა სისტემაზე და ვღებულობთ სხვა შედეგებს. ისინი ყველაზე ხშირად წარმოადგენენ სამყაროს ნებისმიერი არჩეული ელემენტისა და მისი ფიზიკური პარამეტრების სივრცითი კოორდინატების დროზე დამოკიდებულებას [3]. მიღებული დამოკიდებულებები საშუალებას იძლევიან ჩამოვაყალიბოთ სხვადასხვა სახის დამოკიდებულებები სამყაროს წარსულისა და მომავლის შესახებ.

აინშტაინმა თავისი ფარდობითობის თეორიის განტოლებები ისე ჩაწერა, რომ სივრცის ნებისმიერი წერტილის საკმაოდ მცირე არეში ისინი აზრობრივად არ განსხვავდებიან კლასიკური მექანიკის განტოლებებისაგან. აინშტაინის განტოლებებში შედის კლასიკური მექანიკის ჩარჩოებში შემავალი ძალის ანალოგიური გამოსახულებები და ასევე G გრავიტაციული მუდმივა. მხოლოდ მცირე არიდან დიდ ზონებზე გადასვლისას აინშტაინის განტოლებათა ფიზიკური აზრი იცვლება [4].

აინშტაინის განტოლებათა ამონახსნები, ისე როგორც დიფერენციალურ განტოლებათა ნებისმიერი ამონახსნი, შეიცავს ნებისმიერ მუდმივებს, რომელთა მნიშ-

ენელოგების შერჩევა ზოგჯერ მკვლევარზეა დამოკიდებული, ხოლო ხანდახან აუცილებელი ხდება მათი შეთანადება დაკვირვების მონაცემებთან. მეორე შემთხვევაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს სამყაროში არსებული მატერიის საშუალო სიმკვრივე, რომელიც შედის ყველა განტოლებაში და საზღვრავს სივრცის ფუნდამენტურ თვისებას - სიმრუდეს [5]. აინშტაინის განტოლებების ამონახსნები „გვკარნახობენ“, როგორი უნდა იყოს სივრცის ფორმა და საშუალებას იძლევიან ვამტკიცოთ სასრულია ის თუ უსასრულო, რამდენადაც ჩვენ გამოვდივართ პირველი კოსმოლოგიური პრინციპიდან (რომლის თანახმად სივრცის არც ერთი წერტილი არ გამოიყოფა სამყაროს ნებისმიერ სხვა წერტილთან შედარებით). სამყაროში ჰიპერ-ზედაპირთა არჩევის შესაძლებლობები შემოსაზღვრულია.

თავის შრომებში აინშტაინი იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ სტაციონარული სამყაროს არსებობის შესაძლებლობა არ არის ჩადებული მის განტოლებებში. ის დამატებით დაშვებებს მოითხოვდა იმისათვის, რომ მიეღო სტაციონარული ამონახსნი. ამისათვის აინშტაინმა შემოიღო ე.წ. კოსმოლოგიური წევრი Δ , რომელიც იყო ორ ნებისმიერ ნაწილს შორის მოქმედი განზიდვის ძალის ანალოგიური. შემდგომში მან ეს მანიპულაცია შეცდომად ჩათვალა, მაგრამ კოსმოლოგიურმა განზიდვამ, რომელიც ტოლი იყო [6]:

$$\Delta = 10^{-56} \text{ სმ}^2 \quad (1),$$

საკმაოდ მნიშვნელოვანი როლი ითამაშა თითქმის ყველა რელატივისტური სამყაროს თეორიაში. აინშტაინის შრომებიდან ძალიან მალე - 1917 წელს, ჰოლანდიელმა ასტრონომმა დე სიტერმა იპოვა განსხვავებული ამონახსნი, რომელიც შეესაბამებოდა სტაციონარულ სამყაროს. იგი შეიცავდა დროს, მაგრამ გააჩნდა ჰიპერსფეროს ფორმა, ე.ი. იყო ჩაკეტილი და ჰქონდა სასრული ზომები [7]. აინშტაინის სამყაროს კი ჰქონდა ჰიპერცილინდრის ფორმა და არ გააჩნდა სასრული ზომები.

დე სიტერის შრომებს ამჟამად მხოლოდ ისტორიული ინტერესი გააჩნია. გარკვეული აზრით ის მაინც წარმოადგენდა უძველეს კოსმოლოგიას თავისი სასრული სამყაროთი. რასაკვირველია წარსულში დაბრუნება მას მხოლოდ პირობით შეიძლება მივაწეროთ. სამგანზომილებიან სივრცეში ზომების სასრულობამ არ შეიძლება არ გამოიწვიოს წინააღმდეგობა, რამდენადაც ის დაკავშირებულია საზღვრების არსებობასთან, რომელიც „რადცას“ აშორებს „არაფრისაგან“. ასეთი საზღვრის არსებობა ეწინააღმდეგება ელემენტარულ საღ აზრს.

სხვანაირი სიტუაცია გვაქვს ოთხგანზომილებიან სივრცე-დროში. ჩვენი სამგანზომილებიანი სივრცე „ორგანზომილებიანი“ არსებების სამყაროში გარკვეული აზრით სფეროს ზედაპირის ანალოგიურია. ამ ზედაპირზე არ არსებობს არც ერთი მრუდი, რომელიც განაცალკევებდა „რადცას“ „არაფრისგან“. რამდენიც არ უნდა გადავაადგილდეთ სფეროს ზედაპირზე ნებისმიერი მიმართულებით, ვერსად შევხვდებით ასეთ საზღვარს, ვერსად მივაღწევთ „სამყაროს ბოლომდე“.

კოსმოლოგიაში ნამდვილ გადატრიალებად უნდა ჩაითვალოს 1924 წელი, როდესაც გამოქვეყნდა ცნობილი პეტერბურგელი ებრაელი მათემატიკოსის, მეტეოროლოგისა და კოსმოლოგის ალექსანდრე ფრიდმანის ნაშრომები „ფარდობითობის თეორიის საფუძვლები“ და „სამყაროს სიმრუდის შესახებ“. მან არა მარტო უზუსტობები აღმოაჩინა აინშტაინის თეორიაში, არამედ უჩვენა კიდევ, რომ სასრული სტაციონარული სამყარო შეიძლება მივიღოთ მაშინაც, თუ განტოლებებში არ შევიტანთ Λ წევრს. გარდა ამისა ფრიდმანმა უჩვენა, რომ აინშტაინის განტოლებებიდან გამომდინარეობდა როგორც გაფართოებადი, ისე კუმშვადი სამყაროს არსებობის შესაძლებლობა, რაც თავისთავად მოიცავდა მათი ევოლუციისა და აქედან გამომდინარე, ეკოლოგიის აქტუალურ საკითხებს.

უნდა აღინიშნოს, რომ ამ დასკვნებამდე ფრიდმანი მივიდა მანამ, სანამ ასტრონომები გალაქტიკის სპექტრებში აღმოაჩენდნენ „წითელ წანაცვლებებს“, რომლებიც სამყაროს გაფართოების მტკიცებულებებად იქნა მიჩნეული. ამრიგად, ფრიდმანმა იწინასწარმეტყველა ისეთი მოვლენები, რომლებსაც ფუნდამენტური მნიშვნელობა ჰქონდა კოსმოლოგიისათვის. ის გრძნობდა თავისი თეორიის გრანდიოზულობას და ამის შესახებ მხატვრულად ამბობდა: „წყლებში, რომლებშიც მე შევდივარ, ჯერ არავის გადაუკვეთავს“. თვით ლეგენდარულმა აინშტაინმა საბოლოოდ აღიარა ფრიდმანის ამონახსნების სისწორე ველის განტოლებებიდან არასტაციონარული სამყაროს მიღების შესახებ.

მომდევნო სამუშაოებში ფრიდმანმა დაამტკიცა ორი ტიპის სამყაროს არსებობის შესაძლებლობა. პირველი ტიპის სამყაროში, რომელსაც შეიძლება პულსირებადი დავარქვათ, გაფართოების სტადია იცვლება კუმშვით და პირიქით. მას შემდეგ, რაც სამყარო გაფართოვდება განსაზღვრულ მოცულობამდე, დაიწყება მისი შეკუმშვა. ის გრძელდება მანამ, სანამ მატერიის სიმკვრივე არ მიაღწევს რაღაც ზღვრულ (ძალიან მაღალ) მნიშვნელობას, რომლის შემდეგაც ისევ დაიწყება გაფართოება და ასე შემდეგ, უსასრულოდ.

სამყაროს მეორე მოდელში, რომელსაც ფრიდმანმა ჰიპერბოლური უწოდა, სამყარო ძლიერი გაიშვიათების მდგომარეობიდან გადადის შეკუმშულში, რომლის შედეგადაც იწყებს გაფართოებას და ეს პროცესი უსასრულოდ გრძელდება. ეს ორი მოდელი პრინციპულად არ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან და მათი განხილვისას მოითხოვება ანალოგიის ისეთი სხეულების მოძრაობასთან გავლება, რომლებიც დიდი მანძილებიდან ვარდებიან დედამიწის ზედაპირზე. დავუშვათ დედამიწის ზედაპირი და დაცემული სხეული ორივე იდეალურად დრეკადია. თუ დედამიწასთან შეჯახებისას სხეულს ექნება მცირე სიჩქარე (11 კმ/წმ-ზე ნაკლები), მაშინ შემდგომი მოძრაობა დედამიწიდან „არეკვლის“ შემდეგ არ გაგრძელდება დიდი დროის განმავლობაში. რაღაც სიმაღლის მიღწევის შემდეგ, სხეული ისევ დაიწყებს ვარდნას, დაეცემა დედამიწას და ყველაფერი თავიდან განმეორდება. ვარდნილი

სხეულის ასეთი ქცევისას იკვეთება ანალოგია პულსირებად სამყაროსთან.

თუ სხეულის სიჩქარე დედამიწის ზედაპირთან მეტია კრიტიკულზე (11 კმ/წმ), მაშინ შეჯახების შემდეგ იგი დაიწყებს დედამიწიდან დაშორებას (აწევას) და უკან არასოდეს „დაბრუნდება“. ის იმოდრავებს უსასრულოდ შორს, სხეულის ვარდნის შემთხვევა ჰიპერბოლური სამყაროს ანალოგიურია. **ფრიდმანმა** ეს სახელწოდება იმიტომ აირჩია, რომ ზოგად შემთხვევაში დედამიწისაგან სამუდამოდ განშორებული სხეულები ჰიპერბოლაზე უნდა მოძრაობდნენ, ხოლო მისი გადაგვარების შემთხვევაში - წრფეზე.

ზღვრული სიჩქარე, რომელიც 11 კმ/წმ-ის ტოლია, დამოკიდებულია დედამიწის მასაზე და სიმკვრივეზე. ძალიან დიდი სიმკვრივის შემთხვევაში ზღვრული სიჩქარე გაცილებით მაღალი იქნებოდა. თუ იგივე სხეული იმავე სიჩქარით დაეცემოდა დიდი სიმკვრივის მქონე პლანეტის ზედაპირზე, მაშინ ის ვერ განავითარებდა ჰიპერბოლურ სიჩქარეს და მოძრაობა იქნებოდა პულსირებადი. ამრიგად, ერთ-ერთი ალტერნატივის არჩევა დამოკიდებულია საყაროში არსებული მატერიის რეალურ სიმკვრივეზე. როგორც უკანასკნელი შეფასებები უჩვენებს, საშუალო სიმკვრივე ნაკლებია მასზე, ვიდრე ამას მოითხოვს პულსირებადი მოდელი. ამიტომ, კოსმოლოგები უფრო ემხრობიან სამყაროს სტაციონარულ მოდელს. მაგრამ არ უნდა დაგვავიწყდეს, რომ ჩვენი გალაქტიკის მახლობლობაში არსებული ნივთიერებების მასის შეფასება დაფუძნებულია მხოლოდ ყველაზე კაშკაშა ობიექტზე განხორციელებულ დაკვირვებებზე. თუ სამყაროში არსებულ ჩვენს მეზობელ ობიექტებს შორის არიან სუსტი და ამიტომ უხილავი გალაქტიკები ანუ ფარული მატრია, მაშინ ჩვენი შეფასებები აღმოჩნდება დაქვეითებული. ამ შემთხვევაში უპირატესობა ენიჭება პულსირებად მოდელს.

ყურადღება მივაქციოთ კიდევ ერთ ძალიან მნიშვნელოვან გარემოებას: ორივე მოდელში სამყაროს გაფართოების სიჩქარე დროში მცირდება, ხოლო კუმშვის სიჩქარე იზრდება. ანალოგიურად მცირდება სხეულის სიჩქარე მისი დედამიწიდან დაშორებისას როგორც პულსირებადი, ისე ჰიპერბოლური მოძრაობისას. რამდენადაც თანამედროვე ეტაპზე როგორც დაკვირვებები უჩვენებს მიმდინარეობს სამყაროს გაფართოება. როგორც ცნობილია, სამყაროს შორეული უბნებიდან სინათლე ჩვენამდე უფრო ხანგრძლივად მოძრაობს, ვიდრე მახლობელიდან. ამიტომ შორეული ზონები შეესაბამებიან ევოლუციისა და ეკოლოგიური ცვლილებების უფრო ადრეულ ეტაპებს, ვიდრე ის რომელშიც სამყარო ამჟამად იმყოფება. აქედან გამომდინარე, თუ სამყარო ფართოვდებოდა **ფრიდმანის** თეორიის მიხედვით, მაშინ მისი შორეული უბნების გაფართოების სიჩქარე უფრო დიდი იქნებოდა მახლობელ უბნებთან შედარებით.

კოსმოლოგიურ თეორიათა შემოწმების პრობლემას მაშინ უნდა შევეხოთ, როცა **ფრიდმანის** თეორიის გარდა სხვებსაც გავეცნობით. მიუხედავად ამისა, მაინც

შევეხოთ თეორიის შემოწმების შესაძლებლობას. ეს კი თეორიისა და რეალობის ურთიერთკავშირის თავისებური დადასტურებაც იქნებოდა.

ანალოგიურ დასკვნამდე მივიდა გასული საუკუნის 20-იან წლებში ბელგიელი ასტრონომი ჟორჟ ჰენრი ჯოზეფ ედუარდ ლემეტრი. მისი თეორია შემდეგ განავითარა რუსული წარმოშობის ამერიკელმა ებრაელმა მეცნიერმა გიორგი გამოვმა, რომელმაც დაასაბუთა სამყაროს გაფართოების ფაქტი და უკუექსტრაპოლაციის გამოყენებით დააზუსტა თუ როდის უნდა ყოფილიყო მაქსიმალური სიმკვრივისა და მინიმალური ზომების მდგომარეობაში [8, 9].

ლემეტრმა ამ მდგომარეობას თავდაპირველად „პირველადი ატომი“ უწოდა, ხოლო შემდეგ „პირველადი ბირთვი“. მასში უზარმაზარი იყო მატერიის სიმკვრივე. ამ მომენტიდან ჰიპერსფეროს (ასეთი ფორმა აქვს სამყაროს ლემეტრ-გამოვის თეორიაში) ზომები განუწყვეტლივ იზრდება - ჯერ სწრაფად, ხოლო შემდგომში სულ უფრო ნელია, როგორც ეს ხდება ფრიდმანის თეორიაში.

გამოვის მიხედვით, პირველადი ბირთვი შედგებოდა მხოლოდ ნეიტრონებისაგან. კოლოსალური სიმკვრივისა და ძალიან მაღალი ტემპერატურის შედეგად პირველად ბირთვში უნდა განხორციელებულიყო ნეიტრონების ხშირი შეჯახება პროტონებთან (რომლებიც სპონტანურად წარმოიქმნებოდა ნეიტრონებისგან ელექტრონების გამოსხივებით), რაც გამოიწვევდა უფრო მძიმე ქიმიური ელემენტების წარმოშობას. გ. გამოვის თეორიის თანახმად „სამყაროს შექმნა“ ქიმიური თვალსაზრისით განხორციელდა რამდენიმე წუთში, მას შემდეგ, რაც დაიწყო სამყაროს გაფართოება. შემდეგ ნაწილაკთა შეჯახების ალბათობები იმდენად შემცირდა, რომ ერთი სახის ქიმიური ელემენტების მეორედ, უფრო მძიმედ, გარდაქმნა შეუძლებელი შეიქმნა.

შემდგომში გამოვმა ნაწილობრივ უარყო თავისი იდეები. საქმე ისაა, რომ სულ უფრო მზარდი ატომური წონის ქიმიური ელემენტების ნეიტრონებთან შეჯახების ალბათობის გამოთვლისას, გამოვი მივიდა ხუთის ტოლი ატომური წონის მქონე უკიდურესად არასტაბილურ ელემენტთან (ჰელიუმის იზოტოპთან). ჰელიუმის 5-ის ტოლი ატომური წონის იზოტოპი გარდაიქმნება ჰელიუმ-4-ად ისეთ დროში, რომელიც გაცილებით ნაკლებია პირველად ბირთვში ნეიტრონთან ჰელიუმ-4-ის შემთხვევით დროის ინტერვალზე. ანალოგიური შემთხვევა გვაქვს ბერილიუმ-8-ის შემთხვევაში, რომელიც ასევე სწრაფად იშლება ჰელიუმის ორ ბირთვად. ეს ორი პროცესი სრულად უნდა ეწინააღმდეგებოდეს უფრო მსუბუქი ელემენტების მძიმედ გარდაქმნის გამოვის სქემას.

წარმოქმნილმა თეორიულმა სიძნელებებმა გამოვი აიძულა უარი ეთქვა თავის მოსაზრებაზე პირველადი ბირთვის აფეთქებიდან რამდენიმე წუთში მძიმე ელემენტების წარმოშობის შესახებ და დაეცვა მხოლოდ ამ მოკლე დროში ჰელიუმის ბირთვების სინთეზის ჰიპოთეზა. უფრო მძიმე ელემენტები იქმნებოდა და იქმნება

სულ სხვა ადგილას - ვარსკვლავთ წიაღებში, როგორც ამას შემდგომი კვლევები ადასტურებს [10].

ყველა ეს თეორია, ევოლუციური თეორიის სახელითაა ცნობილი, რამდენადაც მათ მიხედვით სამყაროს სტრუქტურა და მისი თვისებები იცვლებიან დროში და განიცდიან ეკოლოგიური ხასიათის ევოლუციას. მიმდინარე ევოლუციურ-ეკოლოგიური სახის ცვლილებები მიმართულია მხოლოდ ერთი მიმართულებით და გააჩნია შეუქცევადი ხასიათი. **ლემეტრის** თეორიიდან, გარდა ამისა, გამომდინარეობს, რომ სამყაროს გააჩნია სასრული და მკაცრად განსაზღვრული ასაკი, თუ „საწყის“ მომენტად ვღებულობთ პირველადი ბირთვის აფეთქებას.

კოსმოლოგიური ევოლუციური-ეკოლოგიური შეუქცევადობის პრობლემასთან უშუალოდაა დაკავშირებული სამყაროს ე.წ. „სითბური“ ანუ „თერმოდინამიკური“ სიკვდილის პრობლემა.

ლემეტრის სამყარო წარმოადგენს განსაზღვრული მარაგის მქონე ჩაკეტილ სისტემას. რამდენადაც გალაქტიკები, ნისლეულები და ვარსკვლავები უწყვეტად ასხივებენ, ამ სისტემებმა ადრე თუ გვიან აუცილებლად უნდა მიაღწიონ ე.წ. „თერმოდინამიკური წონასწორობის“ მდგომარეობას, როცა სამყაროში არსებული ობიექტების ტემპერატურები გატოლდება და მათ შორის წყდება ენერჯის მიმოცვლა. ეს კი ნიშნავს, რომ წყდება ყველა ფიზიკური პროცესი, რამდენადაც ნებისმიერი პროცესის, თუ მოვლენის, დროს მასში მონაწილე სხეულებს შორის არ მიმდინარეობს ენერჯის მიმოცვლა. სწორედ ამიტომ ასეთ მდგომარეობას უწოდეს სამყაროს „სითბური სიკვდილი“.

ამრიგად, **ლემეტრ-გამოვის** სამყარო წარმოადგენს არა მარტო წარსულის გარკვეულ ეტაპზე წარმოშობილ სისტემას, არამედ ისეთ სისტემასაც, რომელსაც მომავალში ელის გარდაუვალი „დაღუპვა“ - ყველანაირი ფიზიკური პროცესის შეწყვეტა: ასეთია ის შედეგები, რომლებთანაც მივყავართ **ლემეტრ-გამოვის** კოსმოლოგიას.

პირველადი ბირთვის საკმაოდ დასაბუთებული ვარიანტი შემოთავაზებული იქნა შვედი ფიზიკოსის **კლეინის** მიერ. მოკლედ შევხვით მის უფრო მოდერნიზებულ ვარიანტს, რომელიც წარმოადგენს იქნა გასული საუკუნის მეორე ნახევარში ასევე ცნობილი შვედი ასტროფიზიკოსის **ჰ. ალვენის** მიერ [11]. ორივე ეს მეცნიერი გამოდის სამყაროში ე.წ. ანტინივითიერების დაშვებიდან. ანტინივითიერებაში ვგულისხმობთ ისეთი ატომებისაგან შედგენილ ნივთიერებას, რომელთა სტრუქტურაში შედიან ტოლი და საწინააღმდეგო ნიშნის მუხტის მქონე ელემენტარული ნაწილაკები. ანტიპროტონებისა და ანტიელექტრონებისაგან (პოზიტრონებისაგან) შედგენილ ატომს ანტიწყალბადს უწოდებენ. რამდენადაც ცნობილია ანტინეიტრონიც, ამიტომ არაფერი გვიშლის ხელს დავუშვათ უფრო მძიმე ატომებისაგან (ანტიჰელიუმის, ანტილითიუმის) შედგენილი ანტინივითიერებების არსებობაც.

ალგენისა და **კლეინის** თეორიის თანახმად ავდაპირველი სამყარო შედგებოდა უკიდურესად გაიშვიათებული ღრუბლისგან, რომელიც წარმოადგენდა თავისუფალი ელექტრონების, პოზიტრონების, პროტონებისა და ანტიპროტონების ნარევის [12]. მას **ალგენმა** ამბიპლაზმა უწოდა. გრავიტაციული „ძრავების“ გავლენით ღრუბელმა დაიწყო კუმშვა, რომლის შედეგადაც ნივთიერებისა და ანტინივთიერებების ნაწილაკების შეჯახების ალბათობა სულ უფრო მეტად იზრდებოდა. ანიჰილაციის აქტების რიცხვი სწრაფად მატულობდა და ღრუბლის შიგნით იზრდებოდა გამოსხივების ინტენსიობა და წნევა. რაღაც მომენტში შეჩერდა ღრუბლის კუმშვა, რომლის შემდეგაც დაიწყო მისი გაფართოება, რომელიც დღესაც გრძელდება.

თუ პირვანდელი ამბიპლაზმა შეიცავდა ნივთიერებისა და ანტინივთიერების თანაბარ რაოდენობას, მაშინ მასში უნდა წარმოქმნილიყო სამი ტიპის ზონა: ნივთიერების შემცველი ზონა, ანტინივთიერების შემცველი ზონა და მათი ერთმანეთისაგან განმაცალკევებელი ბუფერული ზონა. პირველი და მეორე ტიპის ზონებში უწყვეტად მიმდინარეობს ნივთიერების გრავიტაციული კონდენსაცია, თანაც ნივთიერების შესქელებები განიზიდავენ ანტინივთიერების შესქელებას, რაც თითოეულ ზონაში ზრდის კონდენსაციის სიჩქარეს. **ალგენისა** და **კლეინის** აზრით ზონათა განზიდვა გამოწვეული უნდა იყოს ბუფერულ ზონებში მიმდინარე ანიჰილაციის პროცესებით.

ბუფერული ზონები შეიძლება შევადაროთ გავარვარებულ ქურაზე დაცემულ წყლის წვეთებს. წვეთი აორთქლდება არა მყისიერად, არამედ საკმაოდ დიდხანს განაგრძობს არსებობას. ორთქლის თხელი აპკის წარმოშობის გამო, რომელსაც **რეინფროსტის** ფენას უწოდებენ და ის წყალს აცალკევებს ქურის ზედაპირისგან. რაღაც მსგავსი უნდა ხორციელდებოდეს ბუფერულ ზონებში, სადაც მიმდინარე ნივთიერების ანიჰილაციის პროცესები იწვევს ძლიერ გამოსხივებას, რომლის წნევა ერთმანეთისაგან აცალკევებს სხვადასხვა ნიშნის ნივთიერებების ზონებს. ამის შემდეგ წარმოიქმნება ნივთიერებისა და ანტინივთიერებისაგან შედგენილი მასიური გროვები (აგლომერატები), რომლებიც დღეისათვის ადგენენ გალაქტიკურ გროვებს ან კიდევ უფრო მსხვილმასშტაბურ გაერთიანებას, მეტაგალაქტიკას. ზოგიერთი ასტრონომი ამ ცნების ქვეშ სამყაროს მთელ ხილულ ნაწილს გულისხმობს, ხოლო ზოგის აზრით მათი რაოდენობის აურაცხელია.

უნდა ვივარაუდოთ, რომ „ჩვენი მეტაგალაქტიკა“ შედგება მხოლოდ ჩვეულებრივი ნივთიერებებისაგან. მაგრამ უნდა არსებობდეს მისგან ძალიან შორს მდებარე, ანტინივთიერებებისაგან შედგენილი მეტაგალაქტიკებიც. თითოეულ მათგანში ნივთიერების კონდენსაციის ტემპი არ უნდა იყოს ერთნაირი. ერთობ ალბათურია, რომ სამყაროს გაფართოება მოიცავს მხოლოდ „ჩვენი მეტაგალაქტიკის“ მასშტაბებს, რომელშიც კუმშვის პერიოდის შემდეგ კვლავ დადგა გაფართოების სტადია, ხოლო სხვა მეტაგალაქტიკებში კვლავ, ჯერ კიდევ, გრძელდება კუმშვა. გაფართოე-

ბას კვლავ უნდა ახლდეს ძლიერი გამოსხივება, რომელიც წარმოიშობა ამბიპლაზმის დიდი რაოდენობის მქონე სფეროებში ნივთიერების ხშირი პროცესების შედეგად.

ჩვენი კოსმოსური სივრცე ამჟამად იმყოფება ისეთ მდგომარეობაში, რომ ნივთიერების ანიჰილაციის არანაირი პროცესი მასში არ დაიკვირვება, რადგანაც ალბათ დადგა ნივთიერებისა და ანტინივთიერების განცალკევების საკმაოდ გამოკვეთილი სტადია და წინა სტადიებში გამოსხივებული ნივთიერებების დიდმა ნაწილმა უკვე დატოვა ჩვენი მეტაგალაქტიკის საზღვრები. მაგრამ მაინც ასეთი გამოსხივების ნარჩენები სანტიმეტრულ დიაპაზონში მაინც დაფიქსირდა გასული საუკუნის ბოლო მეოთხედში და ეს ფაქტი თავისებურ სენსაციად იქცა კოსმოლოგებისათვის.

ალვენ-კლეინის თეორიიდან გამომდინარეობს, რომ დიდ მასშტაბში სამყაროს სივრცითი ნაწილის გეომეტრია შეიძლება იყოს **ევკლიდური**. ამიტომ, არ გამოირიცხება სამყაროს უსასრულო განვრცობადობა სივრცესა და დროში. მაგრამ, სამყაროს განსაზღვრულ ნაწილში, იქ სადაც დაიკვირვება ნივთიერების ძლიერი შეკუმშვა, სივრცის გეომეტრია შეიძლება განსხვავდებოდეს ევკლიდურისგან. ეს გარემოება მთლიანობაში ხელს არ უშლის სამყაროს სივრცე-დროში უსასრულობას.

თანამედროვე ეტაპზე ჩვენ არ გაგვაჩნია დაკვირვებითი მონაცემები, რომლებიც დაადასტურებდა ანტინივთიერებისაგან შედგენილი კოსმოსური ობიექტების არსებობას, მაგრამ არც ის უნდა დაგვავიწყდეს, რომ დაკვირვების არსებული მეთოდები ჯერ კიდევ არასაკმარისია აღნიშნული ობიექტების აღმოსაჩენად. წყალბადის სპექტრი არაფრით განსხვავდება ანტიწყალბადისაგან. ამიტომ ანტინივთიერებისაგან შედგენილი ვარსკვლავის, ან ნისლეულის, სპექტრი ჩვეულებრივის მსგავსი იქნება. განსხვავება შეიძლება გამოვლინდეს ცნობილი მიმართულების მაგნიტურ ველში მოთავსებული ანტინივთიერებების მიერ გამოსხივებული სინათლის პოლარიზაციის მიმართულებაში. სამწუხაროდ, ძალიან რთულია ვარსკვლავთშორის სივრცეში მაგნიტური ველის მიმართულების განსაზღვრა. ამრიგად, დარჩა მხოლოდ ირიბი არგუმენტები, რომლებიც დაკავშირებულია კვაზარებისა და ზეახალი ვარსკვლავების წიაღებში მიმდინარე ანიჰილაციური პროცესების შედეგად ისეთ კოლოსალურ გამოსხივებასთან, რომელთა გენერირების ახსნა თერმობირთვული რეაქციების საფუძველზე არ ხერხდება.

ალვენის აზრით შეიძლება არსებობდეს ორი ნაწილისაგან შედგენილი გალაქტიკები: ერთი ნაწილი შეიცავს ნივთიერებას, ხოლო, მეორე ანტინივთიერებას. მისი მოდელის მიხედვით ჩვენი გალაქტიკის ცენტრი შედგება მძიმე ელემენტების ამბიპლაზმისაგან, ხოლო შუალედური ზონა, სადაც მოთავსებულია სპირალური ტოტები - ნივთიერებისაგან. ის გარშემოკრულია მსუბუქი ამბიპლაზმისაგან და გალაქტიკის ბირთვის გარეშე წარმოქმნის სფერულ გარსს. რაც შეეხება სპირალურ

ტოტებს, მათი ერთი ნაწილი შედგება ნივთიერებისაგან, ხოლო მეორე ანტინივთიერებისაგან. ეს მოსაზრებები არ დასტურდება დაკვირვებითი მონაცემებით, რომლებიც ჩატარებულია კოსმოსურ სხივებზე და მათში არაა აღმოჩენილი ანტინაწილაკთა არანაირი კვალი. რამდენადაც ეს სხივები ჩვენამდე აღწევს როგორც გალაქტიკის მახლობელი, ისე შორეული ზონებიდან,, ამიტომ ნაკლებად ალბათურია, რომ მათში მიმდინარეობს ანიჰილაციის პროცესი.

სულ სხვანაირად გამოიყურება კოსმოლოგიურ თეორიათა მეორე ჯგუფი, რომელთაც სტაციონარული მდგომარეობის თეორიებს უწოდებენ. თავიანთი ფიზიკური არსით ისინი ძირითადად ემთხვევიან ერთმანეთს და განსხვავდებიან მხოლოდ კოსმოლოგიური პრობლემებისადმი მათემატიკური მიდგომის დეტალებით.

ამ თეორიას გააჩნია ერთი არსებითი თავისებურება: პირველი კოსმოლოგიური პრინციპის გარდა მასში გამოიყენება მეორე კოსმოლოგიური პრინციპიც. მისგან გამომდინარე, სამყარო უნდა იყოს ერთგვაროვანი, იმისგან დამოუკიდებლად, თუ როდის ვაკვირდებით მას. სამყაროს მდგომარეობის დროისგან დამოუკიდებლობამ განაპირობა თეორიის დასახელებაში ცნების „სტაციონარულის“ დამკვიდრება. სტაციონარობა ნიშნავს სამყაროს სტატიკურობას. ე.ი. სამყაროში გარკვეული ცვლილებები შეიძლება მიმდინარეობდეს, მაგრამ ისინი ატარებენ არა სისტემატურ, არამედ შემთხვევით ხასიათს. თუმცა ასეთი ცვლილებებიც შეიძლება განაპირობებდეს მის ევოლუციურ -ეკოლოგიური კანონზომიერებებით განვითარებას.

ასეთი მოსაზრებიდან გამომდინარე **ფ. ჰოილი** და **ჯ. ბონდი** [13, 14]. მათი სამყარო წარმოადგენს გაფართოებად ჰიპერსიბრტყეს და ამიტომაც უსასრულოა. თუმცა სტაციონარობის პირობა მოითხოვს სამყაროში ერთნაირი და მუდმივი ნივთიერების სიმკვრივის შენარჩუნებას. სამყაროს გაფართოებას მივყავართ მასში არსებული ნივთიერების სიმკვრივის თანდათანობით შემცირებამდე, იმისთვის, რომ შევინარჩუნოთ ნივთიერების წარმოქმნის (ნივთიერების დაბადების) უწყვეტი პროცესის არსებობა. სახელდობრს, ეს დაშვება იწვევს სხვა კოსმოლოგიური თეორიების მომხრეთა მდგარ წინააღმდეგობას. ცარიელი სივრციდან ნივთიერების წარმოქმნა ეწინააღმდეგება ფიზიკის ერთ-ერთ ფუნდამენტურ კანონს ნივთიერების შენახვის შესახებ.

სტაციონარული სამყაროს თეორიის ავტორებს ამის საწინააღმდეგოდ მოჰყავთ შემდეგი არგუმენტები: ფიზიკა ექსპერიმენტული მეცნიერებაა, თუმცა მას გააჩნია ძალიან განვითარებული თეორია. ნივთიერების შენახვის კანონი არ მიიღება ლოგიკური გზით მიღებული დაშვებებიდან, არამედ წარმოადგენს თავისებურ აქსიომას. მას ფიზიკოსები ითვალისწინებენ მხოლოდ იმიტომ, რომ მისი სისწორე მტკიცდება ყველა დაგროვილი მონაცემით და მისი გამოყენება თეორიულ გათვლებში ერთობ მოხერხებულია. ეს კანონი მაინც ემპირიულია და ამიტომ სწორად

შეიძლება ჩაითვალოს დღეისათვის დაგროვილი ექსპერიმენტული მონაცემების სიზუსტის ფარგლებში.

„ნივთიერების დაბადების“ პოსტულატიდან გამომდინარეობს, რომ სამყაროში „არაფრისგან“ წარმოქმნილი ნივთიერების სიმკვრივე შეადგენს 10^{-42} კგ/სმ³. ეს ნიშნავს, რომ სამყარო ყოველ კუბურ მეტრში $6 \cdot 10^{11}$ წლის მანძილზე საშუალოდ წარმოიშობა წყალბადის ერთი ატომი. არც ერთ ლაბორატორიულ ექსპერიმენტში არ შეიძლება ასეთი ნელი პროცესის დაფიქსირება. ამრიგად, **ჰოლისა** და **ბონდის** „ნივთიერების დაბადების“ პროცესი არ ეწინააღმდეგება ნივთიერების შენახვის კანონს, თუ ამ უკანასკნელს განვიხილავთ როგორც ემპირიულს.

ბონდისა და **ჰოლის** სტაციონარულ სამყაროს კოსმოლოგიური თეორია არ ამტკიცებს სამყაროს სითბურ სიკვდილს, რამდენადაც უსასრულო სამყარო არ შეიძლება ჩაითვალოს იზოლირებულ სისტემად. გარდა ამისა, ნივთიერების დაბადების პროცესი საეჭვოს ხდის თერმოდინამიკის I და II კანონების გამოყენებულ ფიზიკურ მტკიცებულებებს.

3. თანამედროვე კოსმოლოგიური თეორიები

ახლა განვიხილოთ საკითხი თუ რა ხდება დროის ძალიან მცირე ინტერვალში, დიდი აფეთქების მომენტიდან **პლანკის** დრომდე. თუ ამ დროს უშუალოდ გამოვიყენებთ ფარდობითობის ზოგადი თეორიის განტოლებებს, ისინი მოწმობენ მასზე, რომ დიდი აფეთქების მომენტთან მიახლოებისას სამყარო განაგრძობს კუმშვას და მისი ტემპერატურა და სიმკვრივე განუწყვეტლივ იზრდება. დროის ნულოვან მომენტში სამყაროს ზომა ნული, ხოლო სიმკვრივე და ტემპერატურა უსასრულოდ დიდი ხდება, რაც მასზე მოწმობს, რომ სამყაროს სტანდარტული კოსმოლოგიური მოდელები ამ პირობებში არ გამოგვადგება.

სალი აზრი მასზე მიგვანიშნებს, რომ ამ მომენტში აუცილებელია ფარდობითობის ზოგადი თეორიისა და კვანტური ფიზიკის გაერთიანება, ე.წ. **სიმებისა** და **სუპერსიმების** თეორიების გამოყენება. დღეისათვის კოსმოლოგიური მოდელები სიმების თეორიის ჩარჩოებში განვითარების ადრეულ სტადიაშია. ამ შემთხვევაში გამოყენებული შემფოთების თეორიის მეთოდები, უკეთეს შემთხვევაში, ბუნდოვან წარმოდგენებს იძლევა მიმდინარე პროცესების შესახებ, რამდენადაც ექსტრემალური ენერჯის, ტემპერატურებისა და სიმკვრივეების ანალიზი უფრო დიდ სიზუსტეებს მოითხოვს. თუმცა ე.წ. **სუპერსიმების** თეორიაში გამოყენებული მეთოდები გვერდს უვლის შემფოთების თეორიას. კოსმოლოგიური ეფექტების გამოთვლების განხორციელებისას მათზე დაყრდნობა გაძნელებდა, მაგრამ უკანასკნელ პერიოდში ასტროფიზიკოსებმა გადადგეს პირველი ნაბიჯები სიმოვანი კოსმოლოგიური მოდელების შექმნის კუთხით.

აღმოჩნდა, რომ არსებობს სამი მნიშვნელოვანი პუნქტი, რომლებშიც სიმების

თეორია სრულყოფს სტანდარტულ კოსმოლოგიურ მოდელს. ჯერ ერთი, თანამედროვე გამოკვლევების მიხედვით, სიმების თეორიიდან გამომდინარე, სამყაროს უნდა გააჩნდეს მინიმალური დასაშვები ზომები. დიდი აფეთქების მომენტში, ეს დასკვნა უდიდეს გავლენას ახდენს ჩვენს წარმოდგენებზე სამყაროს სტრუქტურის შესახებ, რომლისთვისაც სტანდარტულ მოდელებში მიიღება ნულოვანი ზომები. მეორე, დიდი და მცირე რადიუსები, დუალობა სიმების თეორიაში, ერთობ მნიშვნელოვანია კოსმოლოგიაში. და ბოლოს, სიმების თეორიაში სივრცე-დროითი განზომილების რიცხვი მეტია ოთხზე. ამიტომ კოსმოლოგიამ უნდა აღწეროს ყველა ამ განზომილებების ევოლუცია. განვიხილოთ ეს პუნქტი უფრო დეტალურად.

გასული საუკუნის 80-იანი წლების ბოლოს **რ. ბრანდენბერგერმა** და **კ. ვაჟამ** გადადგეს პირველი ნაბიჯები იმის გასარკვევად, თუ რა შედეგებამდე მივყავართ სტანდარტულ კოსმოლოგიურ მოდელებში სიმების თეორიის გამოყენებას [15, 16]. ისინი მივიდნენ ორ მნიშვნელოვან დასკვნამდე. პირველი, დიდი აფეთქების მომენტთან მიახლოებისას ტემპერატურა იზრდება იმ მომენტამდე, სანამ სამყაროს ზომები პლანკის სიგრძის:

$$L_{pl} = \sqrt{\frac{Ch}{C^2}} = 10^{-33} \text{ sm} \quad (2)$$

ტოლი არ გახდება. მაგრამ ამ მომენტში ტემპერატურა მიაღწევს მაქსიმუმს და შემდეგ დაიწყებს შემცირებას. ამ მოვლენის მიზეზის ახსნა ასე შეიძლება. **ბრანდენბერგერმა** და **ვაჟამ** დაუშვეს, რომ სამყაროს ყველა განზომილება ციკლურია. დროში უკან, საწყისი ეტაპისაკენ, მოძრაობისას თითოეული წრეწირის რადიუსი მცირდება, ხოლო სამყაროს ტემპერატურა იზრდება. მაგრამ სიმების თეორიიდან გამომდინარეობს, რომ რადიუსების შემცირება ჯერ **პლანკის** სიგრძეებამდე და შემდეგში მათი გადიდება დასაშვებია. მაგრამ, რამდენადაც სამყაროს გაფართოებისას ტემპერატურა ეცემა ამიტომ **პლანკის** სიგრძეებზე ნაკლები ზომებით სამყაროს შეკუმშვისას ტემპერატურის ზრდა შეწყდება და ის დაიწყებს შემცირებას. ამის შემდეგ **ვაჟამ** და **ბრანდენბერგერმა** მიიღეს ასეთი კოსმოლოგიური სურათი: სიმების თეორიის მიხედვით საწყის ეტაპზე ყველა სივრცითი განზომილება შეფუთულია **პლანკის** სიგრძეების ზომებამდე. ენერგია და ტემპერატურა ძალიან მაღალია, მაგრამ არაუსასრულო: ე.ი. საწყისი წერტილის ნულოვანი ზომების პარადოქსი სიმების თეორიაში გადაწყვეტილია. სამყაროს არსებობის საწყის მომენტში სიმების თეორიის ყველა სივრცითი განზომილება სავსებით თანაბარუფლებიანი და სრულიად სიმეტრიულია. ყველა ისინი შეფუთულია პლანკის სიგრძის ზომების მქონე მრავალგანზომილებიან ნამცეცა პირველ წარმონაქმნში - პირველსაწყის მატერიაში. შემდეგ სამყარო გადის სიმეტრიის დაქვეითების პირველ სტადიას. ამ დროს (**პლანკისეულ** ეპოქაში) სამი სივრცითი განზომილება შეირჩევა შემდგომი გაფართოებისათვის, ხოლო დანარჩენები ინარჩუნებენ საწყის **პლანკის** სიგრძის ზომებს.

მომდევნო ეტაპზე ეს სამი განზომილება გაიგივებულია ინფლაციური კოსმოლოგიური მოდელის სტრუქტურასთან და შემდგომ ევოლუციურ პროცესში იღებს დღეისთვის არსებულ ფორმას. ინფლაციურ მოდელში ობიექტებს შორის გაფართოების R მანძილის დროზე დამოკიდებულება გამოისახება შემდეგი ექსპონენციალური კანონით [3].

$$R = R_0 \exp\left[\frac{1}{c}(\Delta\beta \cdot) \right] ct \quad (3)$$

და ის გვიჩვენებს R -ის ძალიან სწრაფ ცვლილებას დროის მიხედვით.

ასეთ სცენარში მყისვე ისმის შემდეგი კითხვა: რა არის იმის მიზეზი, რომ სიმეტრიის დაქვეითებისას სამყაროს გაფართოებისათვის შეირჩევა მხოლოდ სამი სივრცითი განზომილება! სხვა სიტყვებით, არსებობს თუ არა სიმების თეორიაში რაიმე ფუნდამენტური პრინციპი, რომელიც ახსნიდა თუ რატომ არ გაფართოვდა სხვა განზომილებები? ბრანდენბერგერმა და ვაფამ შემოგვთავაზა შემდეგი შესაძლო ახსნა: სიმების თეორიიდან გამომდინარეობს, რომ თუ განზომილებები ციკლურია, მაშინ მათზე ეხვევა სიმები და ისინი ზღუდავს (აკავებს) იმ განზომილებათა გაფართოებას, რომლებზეც ისინია შემოხვეული. ერთი შეხედვით შეიძლება მოგვეჩვენოს, რომ ჯამში ყველა განზომილება უნდა იყოს შეზღუდული (შეზოჭილი), რადგანაც სიმები შეიძლება შემოეხვიოს ნებისმიერ მათგანს. მაგრამ აქ არის გამოსავალი: თუ შემოხვეული სიმი უცებ შეხვდება თავის ანტისიმურ პარტნიორს (ე.ი. სხვა მიმართულებით დახეულ სიმს), ორივე მომენტალურად გაქრება და წარმოიქმნება დაუხვეველი სიმი. თუ ეს პროცესი საკმაოდ აქტიური იქნება, მაშინ გაქრება საკმაოდ ბევრი სიმი და გაფართოვდება მხოლოდ ზოგიერთი განზომილება: ზემოთ ხსენებულმა ავტორებმა დაუშვეს, რომ შემოხვეული სიმების შემაკავებელი მოქმედების დაქვეითებას შეიძლება ადგილი ჰქონდეს მხოლოდ სამი სივრცითი განზომილების შემთხვევაში, და აი რატომ:

წარმოვიდგინოთ ერთგანზომილებიან წრფეზე მოძრავი ორი ნაწილაკი. თუ გამოვრიცხავთ, რომ მათი სიჩქარეები ტოლია, ადრე თუ გვიან ერთ-ერთი ნაწილაკი დაეწევა მეორეს და ისინი შეეჯახებიან ერთმანეთს. მაგრამ შევნიშნოთ, რომ თუ იგივე წერტილოვანი ნაწილაკები იმოძრავებენ ორგანზომილებიან ზედაპირზე, უფრო ალბათურია, რომ ისინი არასოდეს შეეჯახებიან ერთმანეთს. მეორე სივრცითი განზომილება ახალ სამყაროში ხსნის ფანჯარას თითოეული ნაწილაკის ტრანექტორიისათვის და ორი ნაწილაკის ტრანექტორიათა უმეტესობა არ გადაიკვეთება ერთსა და იმავე წერტილში დროის ერთსა და იმავე მომენტში. სამი, ოთხი და მეტი განზომილების შემთხვევაში ალბათობა იმისა, რომ ორი ნაწილაკი ოდესმე შეეჯახებიან ერთმანეთს, კიდევ უფრო მცირეა. ბრანდენბერგერისა და ვაფას მოსაზრების თანახმად ანალოგიური მტკიცებულება სამართლიანია მაშინაც, თუ წერტილოვან ნაწილაკებს შევცვლით სივრცითი განზომილების ირგვლივ შემოხვეული სიმები-

ნი მარყუჟებით. თუმცა ეს დასკვნა გაცილებით ძნელი წარმოსადგენია, მაგრამ სამ (ან ნაკლებ) ციკლურ სივრცით განზომილებებში ორი შემოხვეული სიმი ერთმანეთს უნდა შეეჯახოს, ისე როგორც ორი წერტილოვანი ნაწილაკი ერთ განზომილებაში. განზომილებათა ოთხი, ან მეტი რიცხვის დროს, ორი შემოხვეული სიმის შეჯახების ალბათობა მცირდება, როგორც ნაწილაკთა ორ ან მეტ განზომილებათა რიცხვის დროს.

საბოლოოდ მიიღება შემდეგი სურათი სამყაროს არსებობის საწყის მომენტში. მაღალი, მაგრამ სასრული ტემპერატურების ქაოსში, ყველა ციკლური განზომილება ცდილობს გაფართოებას. შემოხვეული სიმები მათ იჭერს (აკავებს) საწყისი პლანკისეული ზომების საზღვრებში. მაგრამ, ადრე თუ გვიან, შემთხვევითი ტემპერატურული ფლუქტუაცია გამოიწვევს მას, რომ ამ განზომილებათაგან სამი აღმოჩნდება დანარჩენებზე დიდი და ალბათობა მათზე შემოხვეული სიმების შეჯახებისას მკვეთრად გაიზრდება. ამ შეჯახებათა დაახლოებით ნახევარში მონაწილეობას მიიღებს სიმი-ანტისიმის წყვილები, რომლებიც ანიჰილირებენ, მნიშვნელოვნად ამცირებენ (ასუსტებენ) შემაკავებელ ძალას და საშუალებას აძლევენ ამ სამ განზომილებას უფრო მეტად გაფართოვდნენ ისინი. მით ნაკლებ ალბათურია, რომ მათ შემოეხვევა სხვა სიმები, რადგანაც ამისთვის უფრო დიდი ენერჯიებია აუცილებელი. ამრიგად, გაფართოება ხორციელდება თავისთავად და მასშტაბების გადიდებისას სულ უფრო ნაკლები წინააღმდეგობა არსებობს შემდგომი გაფართოებისათვის. შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ, რომ ეს სამი განზომილება განიცდის ევოლუციას წარმოდგენილი სცენარის მიხედვით და აღწევს დღევანდელი სამყაროს მასშტაბებს თავისი ეკოლოგიური თავისებურებებით.

დამატებითი სივრცითი განზომილებები სიმების თეორიაში არ შეიძლება შეიფუთოს ნებისმიერი სახით. ამ თეორიიდან გამომდინარე, განტოლებები მნიშვნელოვნად ზღუდავენ მათ გეომეტრიულ ფორმას. 1984 წელს **ფ. კანდელასმა, გ. გოროვიცმა, ე. სტრომინჯერმა** და **ე. ვიტენმა** დაამტკიცეს, რომ ამ პირობებს აკმაყოფილებს ექვსგანზომილებიან გეომეტრიულ ობიექტთა ერთი კონკრეტული კლასი [17]. ისინი **კალაბი-იაუს** მრავალსახეობის სახელწოდებითაა ცნობილი [18], ორი ცნობილი მათემატიკოსის **ე. კალაბისა** და **შინ-ტუნა-იაუს** პატივმიგების მიზნით. სიმების თეორიის შექმნამდე შესრულებულმა მათმა გამოკვლევებმა მნიშვნელოვანი როლი შეასრულეს ამ სივრცეების არსის გაგებაში.

რამდენადაც სიმების თეორიის ზუსტი განტოლებები ჯერჯერობით უცნობია, **ბრანდენბერგერმა** და **ვაფამ** თავის კოსმოლოგიურ მოდელებში დაუშვეს არაერთი მიახლოება. ერთ-ერთ სამეცნიერო კონფერენციაზე **ვაფამ** განაცხადა: „ჩვენ სამუშაოში ნაჩვენებია, რომ სიმების თეორია საშუალებას იძლევა ახლებურად მივუდგეთ სტანდარტული კოსმოლოგიური მოდელის პრობლემებს. ჩვენ ვხედავთ, რომ სიმების თეორიაში შეიძლება გვერდი ავუაროთ თვით საწყისი სინგულარო-

ბის ცნებას. ამ თეორიის თანამედროვე სახე იძლევა ზუსტი და საიმედო გათვლების განხორციელების საშუალებას. ჩვენი ნაშრომები მხოლოდ პირველ წარმოდგენებს გვაძლევს სიმური კოსმოლოგიის შესახებ, რომელიც ჯერ კიდევ შორსაა პრობლემის საბოლოო გადაწყვეტისაგან“.

ბრანდენბერგერისა და ვაფას კვლევების შემდეგ კოსმოლოგები შეუწელებლად ახორციელებენ სიმური კოსმოლოგიის თეორიის სრულყოფას. ამ გამოკვლევების სათავეში იდგა **გაბრიელე ვენეციანო** და მისი კოლეგა **მაურიციო გასპერინი** [19, 20]. მათ წარმოადგინეს სიმური კოსმოლოგიის ძალიან საინტერესო ვარიანტი, რომელიც მთელ რიგ საკითხებში ეთანხმება **ვაფასს** და **ბრანდენბერგერის** მიერ შემუშავებულ მოდელს, მაგრამ ზოგჯერ პრინციპულად განსხვავდებოდა მისგან. როგორც **ბრანდენბერგერი** და **ვაფა**, სტანდარტულ და ინფლაციურ მოდელში ტემპერატურისა და ენერჯის სიმკვრივის გამოსარიცხად ისინი ეყრდნობოდნენ სიმების თეორიაში მინიმალური (**პლანკისეული**) სიგრძის არსებობას. მაგრამ, იმ დასკვნის ნაცვლად, რომ სამყარო წარმოიშვა **პლანკისეული** ზომის მცირე პირველწარმონაქმნისგან **ვენეციანომ** და **გასპერინიმ** დაუშვეს წინარეისტორიული სამყაროს არსებობა, რომელიც წარმოიშვა ნულოვანი წერტილის მომენტამდე ძალიან ადრე და სათავე დაუდო ამ საწყისი კოსმოსური ემბრიონის (პირველწარმონაქმნის) გაჩენას.

სტანდარტულ და ასეთ კოსმოლოგიურ მოდელებში სამყაროს საწყისი მდგომარეობა ძალიან განსხვავებულია ერთმანეთისაგან. **ვენეციანოსა** და **გასპერინის** მიხედვით სამყარო თავდაპირველად არ წარმოადგენდა გავარვარებულ და განზომილებათა კომპაქტურად შეფუთულ მცირე ზომის პირველმატერიას, არამედ იყო ცივი და გააჩნდა დიდი განვრცობადობა. შემდეგ, როგორც სიმების თეორიის განტოლებებიდან გამომდინარეობს, სამყაროში წარმოიშვა არამდგარადობა და **ალან გუთის** მიხედვით [21], ისევე როგორც ინფლაციის ეპოქაში [22] მან დაიწყო გაფართოება. ამის გამო სივრცე ხდებოდა სულ უფრო გამრუდებული, რომლის შედეგადაც წარმოიშვა ტემპერატურისა და ენერჯის სიმკვრივის ზრდის მკვეთრი ნახტომი. გარკვეული დროის შემდეგ ამ სივრცეში სამგანზომილებიანი არეები გარდაიქმნა გავარვარებულ და მკვრივ წარმონაქმნებად. შემდეგ ყველაფერი განვითარდა დიდი ცხელი აფეთქების სტანდარტული კოსმოლოგიური მოდელის სცენარის მიხედვით და ეს გაფართოებული წარმონაქმნები გარდაიქმნა ხილულ სამყაროდ. ამიგად, ინფლაციური გაფართოების შემთხვევა მიმდინარეობდა დიდ აფეთქებამდე არსებულ ეპოქაში. **ვენეციანოს** გამოთქმით, **„სიმების თეორია მზამზარეულად გვთავაზობს ინფლაციური კოსმოლოგიის ვარიანტს“**.

სიმური კოსმოლოგიის საგანი სწრაფად გახდა აქტიური და პროდუქტიული გამოკვლევების არენა. მაგალითად, ევოლუციის სცენარი დიდ აფეთქებამდე არაერთხელ გამხდარა მკვეთრი და ნაყოფიერი დავის საგანი და მისი ადგილი მომავალ კოსმოლოგიურ ფორმულირებაში, რომელთანაც მეცნიერები ადრე თუ გვიან აუცი-

ლებლად მივლენ სიმების თეორიის გამოყენებით და შეეხებიან განვითარების პროცესში შექმნილ ეკოლოგიურ პრობლემებსაც. არც ისე ნათელია. მაგრამ უეჭველია, რომ ეს კოსმოლოგიური მოდელი მყარად დაეყრდნოს ე.წ. სუპერსიმების თეორიას. მაგალითად, ჯერ კიდევ გაურკვეველია ე.წ. მრავალგანზომილებიანი მემბრანების არსებობის კოსმოლოგიური შედეგები. სხვა სიტყვებით, როგორ შეცვლის ჩვენ წარმოდგენებს სამყაროს არსებობის საწყისი პირობების შესახებ ე.წ. დასრულებული თეორიის სრული ანალიზი. ეს საკითხები ამჟამად ინტენსიური კვლევის საგანია და უკვე ზოგიერთი არსებითი შედეგიც გამოჩნდა.

როგორც ცნობილია სამი არაგრაფიტაციული ურთიერთქმედება ერთიანდება თუ სამყაროს ტემპერატურა საკმაოდ მაღალია. როგორ შევუსაბამოთ ამას გრაფიტაციული ურთიერთქმედება? ამ მიზნით იქმნება M -თეორია, რომელსაც სხვანაირად მისტიურ, ან კიდევ **დედა თეორიასაც** უწოდებენ. ის ეყრდნობა სუპერსიმების თეორიაში განხორციელებულ მეორე რევოლუციის შედეგებს და აერთიანებს ადრე შექმნილ ხუთ სუპერსიმთა თეორიას ერთი ყოვლის მომცველი ფორმალიზმის ფარგლებში. მასში განხილულია 11 სივრცე-დროითი განზომილება. მისი ზოგი თვისება ჯერაც შეუსწავლელია.

კოსმოლოგიური საკითხების შესწავლა სიმებისა და M -თეორიის გამოყენებით უეჭველად დაიკავებს მთავარ ადგილს XXI საუკუნის ასტროფიზიკურ გამოკვლევაში. დღეისათვის პლანკის რიგის ენერგიებამდე [6]:

$$E_3 = \sqrt{\frac{C^5 h}{G}} \approx 10^{19} \text{ გევი} \quad (4)$$

ნაწილაკების აჩქარებისათვის აუცილებელი ამჩქარებლის არარსებობის გამო, ჩვენ იძულებული ვართ ჯერჯერობით დავეყრდნოთ დიდი აფეთქების „კოსმოლოგიურ ამჩქარებელზე“ მიღებულ ექსპერიმენტულ მონაცემებს, ე.ი. იმ ფაქტებს, რომლებიც ამ აფეთქების შედეგადაა მიღებული და გაბნეულია მთელ სამყაროში. თუ ამ პროცესში ჩვენ ვიქნებით შეუპოვარი და თანამგზავრად გვექნება წარმატებები, საბოლოოდ შეიძლება პასუხი გვცეთ კითხვებზე იმის შესახებ, თუ რა ხდებოდა სამყაროს ევოლუციის ადრეულ ეტაპზე, როგორი ეკოლოგიური ცვლილებები ხდებოდა მაშინ და რატომ მიიღო მან ასეთი სახე, როგორც გააჩნია დღევანდელ ეტაპზე. რასაკვირველია იმ მდგომარეობიდან, რომელშიც ჩამალულია ფუნდამენტურ პრობლემათა გასაღები, ჩვენ გვაშორებს წარმოდგენილი სირთულეები, მაგრამ სიმების თეორიის ჩარჩოებში გრაფიტაციის კვანტური თეორიის განვითარება აძლიერებს იმის რწმენას, რომ თანამედროვე თეორიული აპარატი და უახლოეს ამჩქარებლებზე განხორციელებული ექსპერიმენტები დაგვეხმარება მათ გადალახვაში და მრავალწლიანი დაძაბული კვლევების შემდეგ ნაპოვნი იქნება პასუხი ოდესმე დასმულ საკითხებს შორის ყველაზე ღრმა და ფუნდამენტურ კოსმოლოგიურ

პრობლემებზე.

ლიტერატურა

1. ხარაძე ე. ზოგადი ასტროფიზიკის კურსი. თბილისი, თსუ-ს გამომცემლობა, 1974წ.
2. Kuhn K. Astronomy. New York, 1989.
3. ადემივილი თ. კოსმოლოგია. ქუთაისი, 2010.
4. Эйнштейн А. Избранные труды в четырех томах, Т. 3., М., 1967.
5. ადემივილი თ., ხვედელიძე ლ., ნავერიანი თ. ასტრონომიის საფუძვლები, ნაწილი II, ქუთაისი, 2015.
6. ადემივილი თ. ასტროფიზიკის საფუძვლები. ქუთაისი, 2015.
7. Coxeter H. S. A. Geometrical background for the de Sitter`s world. American Mathematical Monthly, №50(4), 1943;
8. A Day without Yesterday. Georges Lemetre and the Big Bang, Archived, 2007-07-06.
9. Hawking S. A. Brief History of Time, 2001.
10. Соболев В.В. Куро теоретической астрофизики. Москва, «Наука», 1978.
11. Альвен Х., Аррениус Г. Эволюция солнечной системы. Пер. С англ., М., 1979.
12. Альвен Х. Миры и антимирры: Космология и антиматерия. М., 1971.
13. Hoyle F. and et al. Synthesis of the elements and Stars, Revs. Modern Physics, №29, 1957.
14. Bond G. Observation Upon the Great Nebula of Orion. Annals of the Havard College Obserbatory №5, 1967.
15. Вафа К. Мир теории струн. Stringworld.ru. Дата обращения 22.03.2019.
16. Brandenberger R. unt. J. Mod. Phys. A9, 1994.
17. Яу Шинтан, Надис Стив. Теория струни, скрытые измерения Вселенной. Питер, 2001.
18. †Calabi. Дата обращения. 30.03.2019.
19. Интервью с Габриелом Венециано, 19.05.1998.
20. Gasperini Maurizio. Gravity, Strings and Particles, Springer International Publishing, Switzerland, 2014.
21. Alan Cuth. The Inflationary Universe. Addis On-Westley. 1997.
22. G. Dvali. Inflation Versus the cosmological Modell problems. Phys. Lebt., B. 355, 1995.

Brief Analysis of Evolutionary-Ecological Cosmological Theories

SUMMARY

Evolutionary-Ecological condition in the Univerce evolved under the impact of very specific mechanisms of the cosmological models. Study of thee mechanisms is a very important theoretical and practical task of cosmology and astrophysics.