

თეიმურაზ ადეიშვილი*, ეკატერინე ჟღენტი, მედეა ადეიშვილი*****

საქართველოს ეკოლოგიურ მეცნიერებათა აკადემია*
საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემია**
ბერლინის ურბანის კლინიკა***

აბსტრაქტი. გალაქტიკური პროცესების ევოლუცია მოიცავს გრავიტაციულ და ჰიდროდინამიკურ არამდგრადობებს, ფაზურ გარდაქმნებს, ახალი ფორმების წარმოშობას, რომელთაგან ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს განსხვავებული, მაგრამ ფუნქციონალურად ურთიერთდამოკიდებული შესაძლებლობების საფუძველზე ცოცხალი ორგანიზმები. გალაქტიკები, ვარსკვლავთ გროვები და პლანეტები ძალზე საინტერესო კოსმოსური ობიექტებია. ირმის ნახტომის (ჩვენს) გალაქტიკაში, მზის სისტემაში და პლანეტა დედამიწაზე ეკოლოგიური პირობების შექმნა ისეთი სპეციფიური მექანიზმების შედეგია, რომელთა გამოკვლევა წარმოადგენს მეცნიერების მნიშვნელოვან თეორიულ და პრაქტიკულ ამოცანას.

საკვანძო სიტყვები: ეკოლოგია, ევოლუცია, ირმის ნახტომი, ფაზური გარდაქმნა, გალაქტიკა.

ითვლება, რომ გალაქტიკები ეს არის ვარსკვლავებისგან, პლანეტებისაგან, სხვადასხვა ტიპის დიფუზიურ ვარსკვლავთშორისი ნივთიერებებისაგან (პლაზმა, ატომები, მოლეკულები, მტვერაკები), ელექტრომაგნიტური კვანტებისაგან, რელატივისტური ნაწილაკებისაგან და ასევე მეცნიერებისათვის ჯერჯერობით უცნობი ნივთიერებებისაგან, რომელსაც პირობით ფარული მატერია უწოდეს, [1,2] შედეგენილი სისტემა. სხვა განსაზღვრებებში დომინირებს დინამიურობის, ასიმეტრიულობის, პულსაციის, ჰიდროსკოპული ეფექტების თემა [3]. ასევე ხაზგასმულია, რომ გალაქტიკა არის უწყვეტად და დინამიურად განვითარებადი სისტემა, რომლის სიცოცხლისეული რითმი არის დროის ფუნქცია და ხდომილებები კი არ აფიქსირებენ დროის სვლას, არა სიჩქარეები და ევოლუციის სახეები აითვლებიან რაღაც სკალაზე, არამედ თვით დრო აღნიშნავს (ქმნის) მოვლენებს და განსაზღვრავს ევოლუციას [4].

ევოლუცია შეიძლება განვიხილოთ როგორც თვითორგანიზებად პროცესთა უსასრულო ჯაჭვი, სადაც ციკლთაგან ყოველი მოიცავს არამდგრად მდგომარეობაში გადასასვლელ შედარებით მდგრად სტადიას. შემდეგ არამდგრადობა ქმნის თვითორგანიზაციის პროცესს, რომელიც შემდგომში წარმოშობს შედარებით მდგრადი ევოლუციური მდგომარეობის ახალ სტრუქტურას. მნიშვნელოვანია, რომ თვითორგანიზაციის ცალკეული ცვლილების დინამიკა ძირითად აღმოჩნდება არაწრფივი. მათ შორის გადასვლები ატარებენ ბიფურკაციის ხასიათს და ბევრ რამეში წააგავს თერმოდინამიკაში არსებულ ფაზურ გადასვლებს [5].

სამყაროსა და გალაქტიკის ევოლუციის კვლევის ახალი მიდგომა მდგომარეობს მასში, რომ გიგანტური მოლეკულური ღრუბლები და მათში ჩასახული ვარსკვლავები განიხილებიან როგორც ჩაკეტილი ეკოლოგიური სისტემის ანალოგები,

რომელთა წარმოშობის მექანიზმი მდგომარეობს მასში, რომ ყველა მასიური ვარსკვლავისა და ზეახალთა ყველა აფეთქების ქარების ერთობლივი მოქმედება მშობელთა ასოციაციის ირგვლივ წარმოქმნის ზეგარსს, რომლის გაფართოება მოლეკულური აირის ნარჩენებში ინიცირებს ვარსკვლავთწარმოქმნის ახალ ტალღას [6]. მეორე ნაშრომში შემოდის რუბრიკა „გალაქტიკური ეკოლოგიის“ სახელწოდებით, რომელიც არსებითად ჯერ კიდევ დაუმთავრებელი და გაუხსნელია [7]. ამჟამად მიმდინარეობს მკვრივი ვარსკვლავური სისტემების ეკოლოგიურ მახასიათებელთა შესწავლა [8].

გამოთქმულია მოსაზრება მასთან დაკავშირებით, რომ ცოცხალი ორგანიზმების წარმოშობა თეორიულად დასაშვებია ადრეული სამყაროს ეპოქაში, დაწყებული იმ პერიოდიდან, როცა მას შეუსრულდა ორი მილიონი წელი. სამყაროს ევოლუციის მიხედვით და ფიზიკური პირობების ცვლილებისას ცვალებადობდა ცოცხალი ნივთიერებების ფორმებიც. ასე რომ, ნივთიერების წარმოშობის ეპოქაში, ცოცხალი ორგანიზმების იმავე ფორმით არსებობა, როგორც დღესაა, შეუძლებელი იყო. ატომების წარმოშობის ერაში სივრცე იყო ბრტყელი და ორგანიზმების არსებობის შესაძლო ადგილი იყო მეტაგალაქტიკების 36°C ტემპერატურის მქონე გარეუბნები. სამყაროს გაფართოებისა და გაციების მიხედვით ცოცხალი არსებები გადასახლდნენ შესაფერის ადგილებში. განვლილ ეპოქებში სიცოცხლის ფორმები იცვლებოდა მრავალჯერ ვარსკვლავებამდელ ერაში. სამყარო ფართოვდებოდა და მიმდინარეობდა ვარსკვლავთშორისი სივრცის გაცივება და ვარსკვლავების წარმოშობა, რომლებზეც ხდებოდა ცოცხალი ორგანიზმების გადასახლება. როცა ჯერ კიდევ არ იყო პლანეტები ცოცხალი ორგანიზმების არსებობის შესაძლო ადგილი იყო აირთხევადმტვროვანი ღრუბლის სფერული ფენა $36,3^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურით. ეს სფერო მოთავსებული იყო იუპიტერისა და მერკურის ორბიტებს შორის. ვარსკვლავები იზადებოდნენ ცივი აირის ღრუბლებში. როგორც წესი გახურებისა და იონიზაციის წყაროს წარმოადგენდა ახალგაზრდა ვარსკვლავები, ამიტომ იონირებული აირის დიდი რაოდენობა მოწმობს ინტენსიურ ვარსკვლავთწარმოშობაზე. ცივი მოლეკულური ღრუბლები და მასთან დაკავშირებული კაშკაშა არეები კონცენტრირდებოდნენ გალაქტიკური სიბრტყის მახლობელ სპირალურ სახელოებში [7, 8].

გამოსაკვლევი მოვლენების ბუნების გასარკვევად მივმართეთ ფაზურ გადასვლებს. **რ. პენროუზი** თვლის [9], რომ **ჰამილტონ-იაკობის** შრომებიდან გამომდინარე [10], მექანიკის მატერიალურმა წერტილმა - ნაწილაკმა - ბუნების აღწერაში დაკარგა ფუნდამენტური როლი და გახდა მხოლოდ ერთ-ერთი შესაძლო ეფექტური კერძო მოდელი. ბუნებისათვის მატერიალურ სუბსტანციებს (ფიზიკურ ცვალებებს) წარმოადგენს არა ნაწილაკები, არამედ ენერგია და ინფორმაცია - ენტროპია. წარმოიქმნება ახალი ცნება სივრცის შესახებ: თითოეულ „ნაწილაკს“ თავისი ნაზრდი შეაქვს $6N$ -განზომილებიანი (სამი მდებარეობის კოორდინატი და სამი იმ-

პულსის კოორდინატი ყოველი ნაწილაკისათვის) ფაზური სივრცის მოცულობის ელემენტის განსაზღვრის შემადგენლობაში. ამ მოცულობაში **ჰამილტონის** განტოლების მეშვეობით აღწერენ სისტემის მოცემული ელემენტების სიმრავლეთა მოძრაობასა და მდგომარეობას. მაგალითად, ჩვენს მოლეკულურ აიროვან სივრცეს [10]. მყარი სხეულების სტრუქტურის აღწერისას ეყრდნობიან წარმოდგენებს კრისტალებისა და კვაზიკრისტალების შესახებ (მათში ირღვევა წესიერი გეომეტრიული ფორმების შეფუთვის პერიოდულობა). სიცოცხლის მნიშვნელოვან სტრუქტურას წარმოადგენენ კვაზიკრისტალები. „კრისტალის“ ცნების საფუძვლად ძვეს ერთნაირ კონფიგურაციაში ერთნაირი ატომებისაგან წარმოქმნილი ერთი და იგივე ელემენტის სივრცეში პერიოდული განმეორების პრინციპი. ელემენტის ფორმის მიხედვით სხვადასხვა იქნება კრისტალის გარეგანი სახე. მაგრამ კრისტალის მჭიდრო შეფუთვა უნდა ხდებოდეს ფაზურ სივრცეში, რამდენადაც ბუნების ელემენტარული მდგენელები თავის თავში უწყვეტად აერთიანებენ მდგომარეობასა და მოძრაობას. ფაზური სივრცის დამადასტურებელი **ჰაულის** აკრძალვის პრინციპი წარმოადგენს ასეთი შეფუთვის დამადასტურებელ წესს [11].

უხეში დაყოფის (ფლუქტუაციის) ერთი უჯრედის კუთვნილი ფაზური სივრცის წერტილები ერთმანეთისგან განურჩევლად (მაკროსკოპულად) ითვლებიან. ენტროპია იზდება იმიტომ, რომ ისრების მიმართულებით დაკვირვებისას დროთა განმავლობაში, როგორც წესი, გადავდივართ სრულ უფრო მსხვილ უჯრედებზე. უფრო მცირე ზომების უჯრედებზე გადასვლას მივყავართ ენტროპიის შემცირებაზე. ფლუქტუაციას თან ახლავს ენტროპიის შემცირება. ჩვეულებრივ ენტროპიის მნიშვნელოვანი დაქვეითება არ ხდება, მაგრამ ძალიან იშვიათ შემთხვევაში ხდება უზარმაზარი ფლუქტუაცია და ენტროპია შეიძლება არსებითად შემცირდეს და ხანგრძლივი დროის მანძილზე დარჩეს ასეთი დაქვეითებული [9].

ფაზური გადასვლები სამყაროსთვის თავიდანვეა დამახასიათებელი. სამყარო არასოდეს ყოფილა ცარიელი, ის წარმოადგენდა განსაკუთრებულ ფონურ ველს, რომელიც დღეს ცნობილია **ჰიგსის** ველის სახით, რომელშიც არ მოქმედებდნენ არანაირი ძალა-ენერგიები, გარდა გრავიტაციულისა და დომინირებდა სიმეტრია. გამონაკლისს წარმოადგენდა სინგულარობა - სამყაროს პროდუქტი, მისი ყველა ძალა-ენერგიის განსახიერება. სამი ურთიერთქმედების ძალის სინგულარობაში არსებული ძაბვების სიჭარბე წყდება წინანდელი ერთიანობის დაშლით და ფონური ველის კვანტების მასისა და მუხტის მინიჭებით.

სამყაროს გაციებასთან ერთად უნდა განხორციელებულიყო ფაზური გადასვლების პროცესები, სიმეტრიის სპონტანური რღვევები, რომლებიც ცვლიდნენ სივრცის ბუნებას, რაშიც ერთვებოდა ფონური ველი, რომელიც სუსტ ურთიერთქმედებას აიძულებდა ძლიერისაგან განსხვავებულად მოქცეულიყვნენ. მსგავსად იმისა, თუ როგორ გადადის წყალი მეტასტაბილურ მდგომარეობაში, როცა გარეგა-

ნი ტემპერატურა სწრაფად ეცემა წყლის გაყინვის წერტილზე დაბლა და შემდეგ იყინება, რითაც ასრულებს ფაზურ გადასვლას ფარული სითბოს გამოყოფით, სივრცის ბუნების ცვლილება იწვევს ფაზურ გადასვლებს გარეთ ენერგიის გადაცემით [9]. გრავიტაციული პროცესების შესწავლა გზას ხსნის ადრეული პერიოდის სამყაროს ფიზიკური მოვლენების გაგებისაკენ, რომლებიც მიმდინარეობენ კვანტურ-მქანიკურ დონეზე. შესაძლოა უცნაურად მოგვეჩვენოს გრავიტაციული ურთიერთქმედების არსებობა სამი სხვა ძალა-ურთიერთქმედების გამოყოფამდე, რამდენადაც მაშინ არ არსებობდა მასები, რომლებიც შექმნიდა გრავიტაციულ ურთიერთქმედებას. მაგრამ ეს აიხსნება პირველად ფონურ სივრცეში ანუ ფიზიკურ ვაკუუმში შინაგანი ფლუქტუაციების დაშვებით. ს. კარლიპი ვარაუდობს, რომ გრავიტაციის კვანტურ თეორიაში ფლუქტუაციას განიცდის თვით სივრცე-დრო და შესაძლოა, გრავიტაცია ვლინდება მხოლოდ სხვა ძალებთან და ნაწილაკებთან ურთიერთქმედებაში [12].

როცა კვანტური დონე უკან დარჩა და ყველაფერი იყო მზად, რომ მოქმედება დაწყებულიყო, დადგა ქიმიური, თერმოდინამიკური და მექანიკური პროცესების მიმდინარეობის პერიოდი. რაც შეეხება არაერთგვაროვნებისა და არამდგრადობის მდგომარეობათა ბუნებას, ისინი ვლინდებიან უკვე ფიზიკური ვაკუუმის დონეზე, სადაც უწყვეტად ხდება ვირტუალური ელემენტარული ნაწილაკების დაბადება, ურთიერთქმედება და გაქრობა. გარეგანი ველების არსებობის დროს ვაკუუმში მდგრადია, ე.ი. მასში მიმდინარე პროცესები არ იწვევენ რეალური (ხანგრძლივად არსებული) ელემენტარული ნაწილაკების წარმოშობას, ხოლო გარეგანი ველის არსებობისას ელემენტარულ ნაწილაკთა ნაწილი იძენს ენერგიას, რათა გახდეს რეალური. ეს პროცესი განაპირობებს გარეგანი ველის მეშვეობით ვაკუუმიდან ელემენტარული ნაწილაკების კვანტური წარმოშობის ეფექტს და მას ფაზურს უწოდებენ. გარეგან ველში ელემენტარული ნაწილაკების წარმოშობის მიზეზი შეიძლება იყოს ელექტრული ველი. სამყაროს ფორმირების საწყის პერიოდში გამოსხივება იყო ისეთი ცხელი, რომ სითბური მოძრაობების შედეგად ელექტრონები მოგლეჯილი იყვნენ ბირთვებიდან, ნეიტრალური ატომები არ არსებობდნენ და კოსმოსური გარემო იმყოფებოდა სრულ პლაზმურ მდგომარეობაში. კოსმოსური პლაზმის თავისებურებებს აკუთვნებენ ტურბულენტობას, გამოსხივებასთან ურთიერთქმედებას, ზეგამტარობას, მაგნიტო-ჰიდროდინამიკური ტალღების წარმოშობას მაგნიტური ძალების ზემოქმედების შედეგად [13].

გამოსხივება და იონირებული ნივთიერება, ერთმანეთთან ურთიერთქმედებისას ელექტრომაგნიტური ძალების გამო იმყოფებოდნენ თერმოდინამიკურ წონასწორობაში. ტემპერატურის შემცირების მიხედვით იწყება პირველადი ნუკლეოსინთეზის პროცესი: წარმოიქმნება ყველაზე მსუბუქი ელემენტების ბირთვები (დიდი რაოდენობით წყალბადისა და ჰელიუმის ბირთვები, ხოლო ასევე პროცენტის

ასეული წილით - ლითიუმი, ბერილიუმი და ბორი). ასე წარმოიქმნება პირველადი ნივთიერება ყველაზე ძველი ვარსკვლავების ფორმირებისთვის [14]. იმის შედეგად, რომ იცვლება ტემპერატურა, წნევა, სიმკვრივე, გარემო ვერ იქნება „მშვიდად“, როცა მასში მოქმედებს მიზიდულობის გაუწონასწორებელი ძალა. ასეთი მდგომარეობა არამდგრადია. კოსმოსური ფრაგმენტაციისა და სისტემების ფორმირების პროცესი რეგულირდება გრავიტაციული, ადიაბატური და ენტროპიული არამდგრადობის მექანიზმებით გარემოს საერთო სიმკვრივიდან საწყისი სუსტი გადახრა ძლიერდება, ე.ი. ადგილი აქვს შენელებულ გაფართოებას. კოსმოლოგიური გაფართოებიდან პირველად მოწყდა ნივთიერების უზარმაზარი მასები, რომლებიც გალაქტიკების გროვებისა და ზეგროვების მასების რიგის იყო. შემდეგ განვითარდა ამ მასების დანაწევრების პროცესი და წარმოიშვა ობიექტების კოსმოსური იერარქია.

გალაქტიკური სტრუქტურის ელემენტებს წარმოადგენდა სუსტი განრთქმული არარეგულარული წარმონაქმნები, რომლებიც ფიზიკაში მცირე შემფოთებებად იწოდებიან. მათ წარმოშობას წინ უსწრებდა მიკროსკოპული გადახრა ერთგვაროვნობიდან და იზოტროპულობიდან, რომლებიც თავიდანვე არსებობდნენ, შესაძლოა ერთი სინგულარობის სუპერძალიდან ოთხი ურთიერთქმედების ძალების გამოყოფის პროცესის შედეგად. დასაწყისში პლაზმის არაერთგვაროვნებები თითქოს შეყინული იყო გამოსხივების „შეუშვოთებელ“ ფონში, ისინი არ განიწოვებოდა და არ ძლიერდებოდნენ პირველი მილიონი წლის განმავლობაში. ზომებით ყველაზე მცირე შემფოთებებში მიმდინარეობდა შესქელებული პლაზმის თანდათანობითი დანაწევრება, მაგრამ ასეთნაირად შეიძლება გაქრეს მხოლოდ მზის ერთი მასის შესქელებები. ყველა უფრო დიდი მასშტაბის მქონე დარჩენილი ობიექტები, უცვლელი რჩებიან. წინანდელი ენტროპიული შემფოთებებიდან რეკომბინაციის შედეგად რჩება ნეიტრალური ატომების შესქელებები, რომელნიც შემდგომში დაბრკოლების გარეშე ძლიერდებიან გრავიტაციული არამდგრადობის გამო. ამისთვის აუცილებელია მხოლოდ ერთი პირობა, შემფოთების ზომა უნდა აღემატებოდეს ჯინსის სიგრძეს (კრიტიკული ზომა, რომლის დროსაც მიზიდულობისა და წნევის ანუ გარემოს დრეკადობის ძალები ერთმანეთის რიგის უნდა იყვნენ) [15]. ჯინსის სიგრძე მკვეთრად ეცემა და მისი ზომის რიგის არეში განლაგებულია მილიონამდე მზის მასა. მხოლოდ ასეთ შესქელებებს შეუძლია გამოეყოს და განმხოლოვდეს საერთო კოსმოლოგიური გაფართოებიდან. გრავიტაციული არამდგრადობა ამ შესქელებებს გარდაქმნის საკმაოდ მკვრივ ღრუბლებად, რომელთაც ექნება მეტნაკლებად სფერული ფორმა, მათი შემდგომი ევოლუცია გადადის თანდათანობით გაცივებაში, რასაც მოსდევს გალაქტიკების ცალკეული შესქელებები პროტოვარსკვლავებისა და ვარსკვლავთ გროვების სახით. როდესაც ჯინსის სიგრძე შესქელების ზომის მცირე გადამეტების შემთხვევაში გრავიტაცია დომინირებს, მაგრამ წნევა ისევ

არსებითია, შესქელება იღებს ისევ მეტნაკლებად სფერულ ფორმას. არსებობს ხდომილებათა თანმიმდევრობის რამდენიმე ევოლუციური სქემა, რამაც მიგვიყვანა ნივთიერების არსებულ კოსმოსურ სტრუქტურამდე. ერთ-ერთი მათგანის მიხედვით, პროცესი გულისხმობს ვარსკვლავებისა და გალაქტიკების წარმოშობას მეტა-გალაქტიკური მოლეკულური ღრუბლიდან. შემდეგ განმხოლოებული გალაქტიკური სტრუქტურები გარეგანი აგენტების გავლენით, ითვისებენ შინაგან სინერგეტიკულ ეფექტებს: ვარსკვლავები დროდადრო აფეთქებისას საკუთარ კინეტიკურ ენერგიას გატყორცნიან ვარსკვლავთშორის სივრცეში, რის შედეგადაც იცვლება ვარსკვლავთმახლობელი აირის ფიზიკა ისეთნაირად, როგორც ზეახალი ვარსკვლავის აფეთქებისას მყისიერი გამოფრქვევა ხდება. მოცემულმა მოვლენამ მნიშვნელოვანი როლი ითამაშა მზის წარმოშობაში [8]. ასე ხდება მძიმე ელემენტარული ნაწილაკების დაბადება, რომლებიც არ არსებობდნენ ადრეული სამყაროს საწყის ეტაპზე და ამის შედეგად იქმნებოდა შესაბამისი პირობები პლანეტების ფორმირებისთვის. სწორედ ამ მიზეზით მძიმე ელემენტების შემცველობა მზეზე უფრო მაღალი აღმოჩნდა, ვიდრე ეს იყო მოსალოდნელი, გალაქტიკაში მისი მდებარეობიდან გამომდინარე. ალბათ, აქ ადგილი უნდა ჰქონდეს უნივერსალური მექანიზმის ამოქმედებას.

არსებობს ძლიერი ჰიდროდინამიკური მოძრაობების კონცეფციები. თავისუფალი კუმშვა ვერ განხორციელდება ერთნაირად, ყველა მიმართულებით ერთ ტემპში. თუ კუმშვის სიჩქარე, რომელიც მიმართულებით რამდენადმე მეტია, ვიდრე ორი სხვა მიმართულებით, მაშინ ამ მიმართულებით ღრუბელი უფრო სწრაფად შემცირდება ზომაში და ამ კუთხით მისი კუმშვის ძალა იქმნება უფრო დიდი, რაც მიგვიყვანს ღრუბლის შემკვრივებამდე, მისი ბლინის ფორმამდე. შეკუმშვის მიხედვით, აირის წნევა რომელიც თავიდან არავითარ როლს არ თამაშობს, თანდათან იზრდება და საბოლოოდ მან უნდა შეწყვიტოს კუმშვა. მაგრამ აქ წარმოიშობა ახალი მოვლენა: აირის მდორე კუმშვა იცვლება ე.წ. დარტყმითი ტალღის გენერაციით, წარმოიშობა კუმშვადი აირის წნევის, ტემპერატურისა და სიმკვრივის ნახტომისებური ცვლილებები. დროთა განმავლობაში საშუალო ფენის ორივე მხარეს წარმოიშობა სიჩქარისა და სიმკვრივის მკვეთრი ნახტომები. ე.ი. წარმოიქმნება ორი დარტყმითი ტალღა, რომლებიც განაცალკევებენ შიდა ფენების აირის კუმშვას გარეგანი „ახალი“ აირის კუმშვისაგან. დარტყმითი ტალღების ფრონტებზე მიმდინარეობს გარედან შემოჭრილი აირის კინეტიკური ენერგიის ნაწილის სითბოში გარდაქმნა. შეკუმშული აირი თბება და მისი ტემპერატურა იზრდება. ფენის შიდა მკვრივი არეები - პროტოგროვები - განიცდიან ფრაგმენტაციებს და ამზადებს გალაქტიკების წარმოშობის საფუძვლებს. გალაქტიკების მსხვილმასშტაბური განაწილებიდან გამომდინარე, ასეთი გაერთიანების სტრუქტურა მოგვაგონებს სფერული, ან ელიფსურ უჯრედებს, უფრო მეტიც - რაღაც რეგულარულ ჰარმონიულ სი-

ცარიელეებს.

კ. ვაიცხევერს [16] ეკუთვნის ჰიპოთეზა, რომელიც შემდეგ განავითარა **გ. გა-
მოცმა** [17] იმის შესახებ, რომ გალაქტიკების ბრუნვითი მოძრაობები თავისი წარმო-
შობით განპირობებულია კოსმოსური გარემოს თავდაპირველი ბრუნვითი გრიგა-
ლური მოძრაობებით, რომლებიც წარმოიშვნენ იმავე პროცესში, რომელშიც გაჩნდა
თვით სამყარო და წარმოიქმნა საერთო გაფართოება. გრიგალური მოძრაობების
მნიშვნელოვან თვისებას წარმოადგენს მათი ნაკადში „ჩაყინვა“: გარემოს მოცემუ-
ლი ნაწილაკების მომცველი გრიგალი მათგან კი არ გადადის სხვა ნაწილაკებში,
არამედ მყარადაა მათთან დაკავშირებული და ნაკადის მიერ ხდება მათი ერთი ად-
გილიდან მეორეზე გადატანა. მაგრამ დიდი სიჩქარეების დროს წარმოიშობა ახალი
მოვლენა - ტურბულენტობა: გრიგალები ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან, მი-
მოცვლიან ენერგიას, იშლებიან უფრო მცირე მასშტაბის მოძრაობებად ან ერთიან-
დებიან და წარმოქმნიან უფრო დიდი მასშტაბის გრიგალებს. გარემოს თითოეული
ელემენტი ამ შემთხვევაში მონაწილეობენ ორ მოძრაობაში: საერთო გაფართოებაში,
რომელიც ხდება **ჰაბლის** სიჩქარით და შემთხვევითი სიჩქარის მქონე ქაოსური
გრიგალურ მოძრაობაში. გარემოს სხვადასხვა უბნების ერთმანეთზე ზედდება იწ-
ვევს, ან გაიშვიათებას, ან შესქელებას. რეკომბინაციის ეპოქაში ნივთიერების იონი-
რებული მდგომარეობიდან ნეიტრალურში გარდაქმნა ნაწილაკებს ათავისუფლებს
გამოსხივების ფოტონური ბმებისაგან და ამის გამო გარემოში საკმაოდ სწრაფად
ეცემა ბგერის სიჩქარე და წაშში რამდენიმე კილომეტრის ტოლი ხდება. ამ ეპოქაში
პირველადი გრიგალების სიჩქარე სულ მცირე 100-ჯერ მეტი უნდა იყოს ბოლო სი-
დიდეზე. ამიტომ გრიგალური მოძრაობები საწყის ეტაპზე მყოფი ბგერამდელიდან
გარდაიქმნება ზეგერით სიჩქარედ. ამრიგად აღიძვრებიან დარტყმითი ტალღები,
რომლებსაც შეუძლია აირის შეკუმშვა და ამის გარდა საკმაოდ მკვერივი სხეულების
წარმოშობა [12].

გალაქტიკამდელი შემფოთებები ფორმირდებიან აირის სუსტი შესქელებების
ერთობლიობის სახით, რომელთაგან თითოეული იწყებს პირველადი ნივთიერებე-
ბის ურთიერთ კოსმოლოგიური განლტოლვის სიჩქარეზე დამატებული სიჩქარით
მოძრაობას. განსაკუთრებული ინტერესის შემცველია სიტუაციები, როცა ადგილი
აქვს ღრუბელთა შეჯახებას, რომლის დროსაც წარმოიქმნება შეკუმშული აირის ფე-
ნა, სიმკვრივის, სიჩქარისა და ტემპერატურის ნახტომისებური ცვლილებებით.
დარტყმითი ტალღა - ასეთი ნახტომის განსაკუთრებული ტიპია, რომლის დროსაც
იცვლება ფრონტის მართობული სიჩქარის კომპონენტი, ხოლო მხები უცვლელი
რჩება. თუ დარტყმითი ტალღის ფრონტზე შემოჭრილი ნაკადი უგრიგალოა, მაშინ
ფრონტის გადაკვეთისას ის გადაეწყობა და შეიძლება გახდეს გრიგალური. აიროვა-
ნი მასების არაცენტრალური დაჯახების დროს თითოეული ღრუბლის მასალა არა
მარტო ქუცმაცდება, არამედ ცოცავს ერთი ღრუბლის მეორისგან გამყოფი ზედაპი-

რის გასწვრივ. მხეხი (ტანგენციალური) სიჩქარის ასეთი წყვეტა დიდხანს ვერ არსებებს და იშლება დროთა განმავლობაში. საწყისი მცოცავი ტანგენციალური მოძრაობის სიჩქარეები საწყისს უქმნიან გრიგალურ მოძრაობებს შეკუმშული აირის ფენაში.

ამ ჰიდროდინამიკური არამდგრადობის ბუნება შეიძლება წარმოვადგინოთ როგორც ორი მეზობელი ფენის მხეხი სიჩქარის ნახტომი, როგორც ტანგენციალური წყვეტა, გრიგალი, რომელიც მოთავსებულია მოლეკულური აირის ღრუბელთა უგრიგალო მოძრაობიდან წარმოქმნილ სიბრტყეში, როცა ამ ღრუბელთა ზეგერითი შეჯახება წარმოშობს არაეოლუციურ (გარეგანი მიზეზით გამოწვეულ და არა მოძრაობის საკუთარი ეოლუციით) ჰიდროდინამიკურ წყვეტას. ლაპარაკია ეოლუციური პროცესების შერწყმაზე, როცა ადგილი აქვს აირის მოცემულ მასაში გრავიტაციული არამდგრადობის განვითარებას და არაეოლუციური პროცესების შესახებ, რომელთა შედეგს წარმოადგენს მხეხი წყვეტები (წყვეტების სისტემა) და აირის მასაში სხვადასხვა მხარეს გავრცელებული დარტყმითი ტალღები.

ტანგენციალური წყვეტების არეებში წარმოიშობა ქაოსური მოძრაობები, რომელთაც გააჩნიათ სხვადასხვა მასშტაბები და ინტენსიობები და ენერგიას იღებენ აირის მხეხი მოძრაობიდან. ზოგადად გარემოს ქაოსურ მოძრაობაში ადგილი აქვს დაგრიგალებებს. კერძოდ, თვით ტანგენციალური წყვეტა - ეს უკვე გრიგალია სიბრტყეში ლოკალიზებული. ამ დროს ტანგენციალური წყვეტიდან წარმოქმნილი შემფოთებები თან წარიტაცებენ მხოლოდ ენერგიას და არა დაგრიგალებებს [12], გრიგალს შეუძლია გაჩნდეს და გაქრეს, მაგრამ სუფთა უგრიგალო მოძრაობა შეუძლებელია. მაგრამ გრიგალი არ წარმოიშობა და არ ისპობა, თუ ჰიდროდინამიკურ მოძრაობებში არ არის წყვეტები, არაბაროტროპულობა, სიბლანტე.

მნიშვნელოვანი დაგრიგალების მქონე შემფოთებების წარმოშობა და გაძლიერება, ხოლო შემდეგ ტანგენციალური წყვეტების გრიგალებად დაშლა განაპირობებს პროტოგროვების ფენაში, ინტენსიურ შიდა მოძრაობებს, რომელიც წარმოიშობა გალაქტიკათშორისი გარემოს უმსხვილესი ღრუბლების ზეგერითი შეჯახებისას. გრიგალური მოძრაობების რთული აბურდული ხასიათი, რაც მხეხი წყვეტების არამდგრადობითა და დაშლითაა გამოწვეული, აიროვან პროტოგროვებში უშვებს ტურბულენტობის განვითარებას. ასე, რომ გალაქტიკათშორისი გარემოში წარმოიქმნება ტურბულენტური ფენები, რომელშიც, აირი შეკუმშულია, ძლიერ გაცხელებული და რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, გააჩნია შიდა გრიგალური ბრუნვითი მოძრაობები. თუ მთელი წარმონაქმნის მასა გალაქტიკების გროვების მასის რიგისაა, მაშინ შიდა გრიგალები მოიცავს აირის მასებს, რომლებიც ცალკეული გალაქტიკების მასების სადარია. განმხოლოება და გრავიტაციული გრიგალური კონდენსაცია მათ გარდაქმნის სწრაფად მბრუნავ სპირალურ გალაქტიკებში. ყველაზე მსხვილი გრიგალები წარმოიქმნება მოძრაობათა ერთობლიობაში: ტურბულენტუ-

რი ფენები - პროტოგროვები - გრიგალური ბირთვები. თავისი ენერგიით მათ შეუძლია შეინარჩუნოს და კვებოს მცირე მასშტაბის გრიგალები. დროის მიხედვით ყალიბდება გრიგალთა მწყობრი იერარქია მცირე რაოდენობის მსხვილი გრიგალებიდან მცირე ზომის დიდი რაოდენობის გრიგალებზე ენერგიის კასკადური გადაცემით. პროტოგალაქტიკური გრიგალები წარმოიშობიან იზოტროპულად გაფართოებად სამყაროში მეტაგალაქტიკური სტრუქტურის მთელი წინმსწრები ევოლუციის როგორც კანონზომიერი შედეგი. თვით ის მოძრაობები, რომლებიც ქმნიან მსხვილმასშტაბურ შესქელებებს - მეტაგალაქტიკური გარემოს ღრუბლები, პროტოგროვების ფენებში წარმოქმნიან შიდა ტურბულენტურ გრიგალებს [12].

არამდგრადობისა და დინამიკური ქაოსის შედეგად შექმნილი სამყაროს უზარმაზარი მასები თავისი ზემოქმედებით ამცირებენ განუზღვრელობას, ე.ი. ქაოსობას ნაწილაკების მოძრაობაში [18].

ვარსკვლავთა რადიაციის, ზეახალ ვარსკვლავთა ანთებებისა და ვარსკვლავური ქარის ზემოქმედებით ადგილი აქვთ ვარსკვლავური აირის ცივი ფაზიდან ცხელ ფაზაში გადასვლას. ქაოსურად მოძრავი დიფუზიური ღრუბლების შეჯახებებს მივყავართ მათ შეერთებამდე და კონცენტრაციამდე, რის შედეგადაც წარმოიშობა გიგანტური მოლეკულური ღრუბლები, რასაც თან მოსდევს ეროზია, გრავიტაციული არამდგრადობისა და ვარსკვლავთწარმოქმნის ახალი ფაზის დადგომა [12].

მოვლენათა არსი შეიძლება წარმოვიდგინოთ ისე, რომ „ვარსკვლავთშორის გარემოში ციკლურ ცვლილებებს აქვთ ისეთივე ბუნება, როგორც პერიოდულ ცვლილებებს მარტივ ეკოლოგიურ სისტემებში“. მაგალითად, კუნძულის ჩაკეტილ ეკოლოგიურ სისტემაში განსაზღვრული პერიოდულობით დაიკვირვება კურდღლების, ირმებისა და ფოცხვერების რაოდენობების მკაფიო მინიმუმები და მაქსიმუმები. მტაცებელთა როლში შეიძლება მოვიაზროთ ულტრაიისფერი რადიაცია, ზეახალ ვარსკვლავთა ანთებები, რომლებიც შლიან გიგანტურ მოლეკულურ ღრუბლებსა და წარმოიქმნება ვარსკვლავები. ამ შემთხვევაში სპირალურ გალაქტიკებში ასეთი მსხვილმასშტაბური გრძელპერიოდული ციკლები წყდება სიმკვრივის სპირალური ტალღების გავლის დროს. ამიტომ აღწერილი სურათი ყველაზე თვალნათლივ რეალიზდება ირეგულარულ გალაქტიკებში. ისინი შესაძლებელია კორონაციის არეებში, ან სპირალური გალაქტიკების პერიფერიებში, ჩვენი გალაქტიკის ანალოგიურად [19].

უნდა აღინიშნოს, რომ გალაქტიკა არაა მყარი სხეული, არამედ წარმოადგენს ცალკეული ობიექტების ერთიანობას, რომელიც შეკავებულია საერთო გრავიტაციული ველით. გალაქტიკები არ ბრუნავენ მყარი სხეულისნაირად. მათი სხვადასხვა მდგენელები ასევე მოძრაობენ. მათ შეიძლება ჰქონდეთ ბრუნვის სხვადასხვა სიჩქარეები ცენტრიდან ერთსა და იმავე მანძილზეც კი. ამ დროს თითოეული ობიექტი

აღწერს რთულ ჩაუკეტელ ტრაექტორიას გალაქტიკების მასური ცენტრის ირგვლივ. გალაქტიკების ბრუნვის ხასიათზეა დამოკიდებული მის დისკზე სპირალური შტოების ფორმა და ორიენტაცია.

ფორმირების ხანგრძლივი გზის გავლის შემდეგ, გალაქტიკები წარმოგვიდგებიან, როგორც ემპირიული ობიექტები მათი საერთო და უნიკური მახასიათებლებით, რომელთა მიხედვითაც ჩვენ ვახდენთ მათი ევოლუციის რეკონსტრუქციას. ჰაბლის კლასიკურ კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს გალაქტიკების დამზერილი ფორმები [20,21]. შემდგომში ჟ. მორგანმა გაანალიზა მათი ცენტრალური კონდენსაციის ოპტიკური სპექტრი და სისტემის ცენტრისაკენ ვარსკვლავთ კონცენტრაციის ხარისხი და გააკეთა დასკვნა გალაქტიკათა ევოლუციის მიმართ. ჟერარდ დე ვაკულერმა გაარკვია სპირალური გალაქტიკების კლასიფიკაცია და დაასკვნა, რომ არაწესიერი გალაქტიკები წარმოადგენენ მათი ისტორიის ნაწილს [22]. ვან დერ ბერგმა მორფოლოგიური ანალიზი შეადარა ნათობის ტიპის მიხედვით გალაქტიკების კლასიფიკაციას [23]. თანამედროვე კლასიფიკაციები გამოყოფს ბირთვების აქტიურობის თვისებებს და მათში ენერგიის გამოყოფის ფორმებს.

თავისებურ პერიოდულ ცხრილამდე კიდევ შორსაა, მაგრამ გალაქტიკების კლასიფიცირება თანდათან რთულდება და თავის თავში მოიცავს შემდეგ ტიპებს:

ა) სპირალური. მათ ყოფენ ორ ქვეტიპად: ნორმალური სპირალები (S) და გადამყვანები ანუ გადამკვეთი (ბარიანი) სპირალები (SB). ორივე ქვეტიპი იყოფა სახელოთა (შტოების) სიმრავლის ხარისხის მიხედვით: S_a -მკვეთრად მომრგვალებული სახელოებიდან S_c -მათ შორის დიდი მანძილების მქონეებამდე. ეს უკანასკნელნი სწრაფად შორდებიან გალაქტიკების ცენტრს. ასეთ მიმდევრობას ქმნიან გადაკვეთილი სპირალებიც: SB_a , SB_b , SB_c . სპირალური გალაქტიკების ქვეჯგუფებს ჰაბლი უწოდებდა ადრეულს $I(S)_{\text{Ia}}$ და SB_c , შუალედურებს (S_b და SB_b) და გვიანდლებს (S_c და SB_c);

ბ) ელიფსური. შემდგომში შემოიღეს კლასიფიკაცია, რომელიც მათ ყოფდა კომპაქტურ, გლობალურ და გვიანდელ ტიპებად;

გ) უწესო ანუ ირეგულარული.

ოდნავ ვარიერებული ფორმით ჰაბლის კლასიფიკაცია დღესაც გამოიყენება. არსებითია, რომ კლასიფიკაციები წარმოადგენენ გალაქტიკების უზარმაზარ სახესხვაობებს. ამა თუ იმ მოვლენის გამო თითქმის ყოველი მათგანი უნიკალური და განუმეორებელია. ბირთვების მახასიათებელი გამოვლინებების მიხედვით გალაქტიკები იყოფიან სეიფერტულ, რადიოგალაქტიკურ, კვაზარულ და ლაცერტიდულ ჯგუფებად. თითქმის ყოველთვის ვარსკვლავები ყალიბდებიან გალაქტიკების დისკებში, რომელშიც კონცენტრირდება ვარსკვლავთშორისი გარემო [1]. ვარსკვლავთწარმოშობის ტემპი და არეების განლაგება, რომლებშიც ხდება მათი დაბა-

დება, დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, რომლებიც აჩქარებენ, ან ანელებენ, აირის ვარსკვლავებში გარდაქმნის პროცესს. ამ ფაქტორების გამოვლენა პირდაპირაა დაკავშირებული გალაქტიკების მორფოლოგიაზე, რამდენადაც მათი გარეგანი სახე თითქმის სრულად განისაზღვრება მათში ვარსკვლავთწარმოქმნის არეების განაწილებით.

ტიპებით მახლობელ სპირალურ სისტემებს შორის განსხვავება შეიძლება განვიხილოთ ორი გალაქტიკის მაგალითზე. ესენია - ირმის ნახტომი და ანდრომედას ნისლული და მათი მორფოლოგიური ტიპები $S(B)bc$ და Sb . ფორმით ისინი თითქმის არ განსხვავდებიან, მაგრამ ფიზიკური თვისებებით განსხვავებები სავსებით არსებითია. მიუხედავად იმისა, რომ მათი დისკები მეტნაკლებად მსგავსია, სფერული ქვესისტემები მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან: ანდრომედის ბალჯის ნათობა სამჯერ აღემატება ჩვენი გალაქტიკისას. მასში მნიშვნელოვნად მეტია სფერული გროვები, ხოლო პერიფერიებში მოთავსებულია ორი ძლიერი ელიფსური თანამგზავრი. ამავდროულად ირმის ნახტომის პერიფერიულ ნაწილში ჩვენ ვხედავთ ორ მსხვილ უწყსო თანამგზავრს - მაგელანის ღრუბლებს და ჩვენს დისკში აირის შემცველობა რამდენადმე მაღალია. შესაძლოა, ეს განსხვავებები რაღაცნაირად იყვნენ ერთმანეთთან დაკავშირებული? დისკებში აირის მსგავსი განაწილების დროს ჩვენს გალაქტიკაში ვარსკვლავთწარმოქმნის ტემპი ნიშვნელოვნად მაღალია, ვიდრე ანდრომედში, ამიტომ ამ გალაქტიკების ჩათვლა ერთმანეთის ასლებად გაუმართლებელი იქნებოდა. განსხვავება ეხება მორფოლოგიურ ტიპებს, ღერძების თანაფარდობებს, სიჩქარეთა დისპერსიებს და ბალჯში სფერულ გროვათა რაოდენობებს. ასევე გასათვალისწინებელია დისკის მახასიათებლები: ნათობები, ფერის მაჩვენებლები, აირის შემცველობები, ბრუნვის სიჩქარეები, ინფრაწითელი ნათობები და აირის გრადიენტები. იმისათვის, რომ ერთმანეთს მივამსგავსოთ ორი გალაქტიკა, დაგვჭირდება პროცესების მართვა პროტოგალაქტიკების ღრუბლების ფორმირების ეტაპზე, და შესაძლოა მათაც არ ექნებოდა შესაბამისი შედეგი სამყაროში გალაქტიკების არაერთგვაროვანი ადგილამდებარეობის გამო.

ჩვენი გალაქტიკა სპირალურია. სპირალური სახელოების წარმოშობის ერთ-ერთი თეორია ამბობს სიმკვრივის ტალღებზე, რომლებიც ვრცელდებიან ვარსკვლავურ დისკებზე, ისე როგორც წყლის ზედაპირზე. მეორე მიდგომა ეფუძნება მას, რომ სპირალურ შტოებს შეიძლება არც კი გააჩნდეს ტალღური ბუნება. მოკლე სპირალური უბნები გამოწეილია დისკის დიფერენციალური ბრუნვით, რაც დაკავშირებულია ვარსკვლავთა დაბადების უწყვეტად წარმოქმნით და გამქრალ არეებთან. ვარსკვლავთწარმოქმნით მომწიფებული არეები ასტიმულირებენ ვარსკვლავთა მეზობელ არეებში წარმოშობას, ასე რომ აირის არსებობის შემთხვევაში მთელ პროცესს ექნება მიუღწევადი ხასიათი.

ყველა ვარსკვლავი შედის ამა თუ იმ სისტემის შემადგენლობაში. აქამდე ასტრონომიას არ აღმოუჩენია მნათობი, რომელიც თავისუფლად და განმარტოებულად იმოძრაებდა სამყაროში. ვარსკვლავური სისტემების კლასიფიკაცია მოიცავს: 1. ორმაგ და ჯერად (სამმაგი და ა.შ.) ვარსკვლავურ სისტემებს, რომელთა რაოდენობაა ~ 50%; 2. გაბნეული ვარსკვლავური გროვები; 3. სფერული ვარსკვლავური გროვები; 4. ვარსკვლავური ასოციაციები; 5. ვარსკვლავური აიროვანი კომპლექები [21]. ვარსკვლავები იზადებიან დიდი ჯგუფებით. ფორმირების პერიოდში ისინი ძალიან მკვრივებია, მაგრამ არსებობს რამდენიმე მოვლენა-მიზეზი, რომელთა ძალითაც გროვები ნაწილობრივ, ან მთლიანად იშლებიან. ყველაზე მნიშვნელოვანი ფორმირებადი გროვებიდან ვარსკვლავთშორისი აირის ნარჩენების გამოფრქვევაა. წარმოშობილი ცხელი პლაზმური სფერო თავის მაღალი წნევით არღვევს მშობელ ღრუბელს, და ვარსკვლავთა ახალწარმოქმნილი ჯგუფი აღმოჩნდება იმ „ჩამჭერიდან ამოდებული“, რომელიც იყო მასიური ღრუბელი. ამ ახალწარმოქმნილ ვარსკვლავთ ჯგუფს ელოდება სამი შესაძლო ფინალი: ა) ვარსკვლავთა ქაოსური მოძრაობა იმდენად სწრაფია, რომ ისინი გადალახავენ ურთიერთმიზიდვას და სამუდამოდ განილტოლვებიან წარმოშობის ადგილიდან: წარმოიშობა ახალგაზრდა ვარსკვლავების გაფართოებადი ღრუბლები - ასოციაციები; ბ) ვარსკვლავთა ურთიერთმიზიდვა საკმარისია, რომ ისინი ადგილზე დარჩნენ: წარმოიქმნება გრავიტაციულად შეკავშირებული სისტემა - ვარსკვლავური გროვა; გ) ნელა მოძრავი გროვა რჩება ადგილზე და წარმოშობს გრავიტაციულად შეკავშირებულ გროვას, ხოლო უფრო დინამიურები განილტოლვებიან ასოციაციების სახით.

გალაქტიკების ისტორიაში ყველაზე ძველი მოწმეებია ვარსკვლავთა სფერული გროვები, რომელთა რაოდენობა სულ 180-ია და ასევე გაბნეული გროვები, რომლებიც 2200-მდეა დაფიქსირებული და ორივე ერთად მხოლოდ 2%-ს შეადგენს. გამოვლენილია ძალიან დაშორებული ძნელად დასაკვირვებელი ძველი სფერული გროვებიც, რომელთა თავისებურებაა ერთობ დიდი მასა და მცირე ზომები. რაც უფრო შორსა ვართ გალაქტიკის ცენტრიდან, მით მეტია უხილავი მასის (ფარული მატერიის) ნაწილი: ვარსკვლავები და აირი იქ საერთოდ არ შეიმჩნევა, ხოლო მიზიდულობის წყარო დაიკვირვება. მაგრამ მზის მახლობლობაში ფარული მატერია ძალზე მცირეა.

გალაქტიკების წარმოშობის თანამედროვე თეორია, ამტკიცებს, რომ მსხვილი ვარსკვლავიერი სისტემების ფორმირებისათვის საწყის მასალას წარმოადგენდა სივრცეში არაერთგვაროვნად განაწილებული ფარული (ბნელი) მატერია. მისი ბუნება ლოკალიზებულია უცნობი ტიპის ელემენტარულ ნაწილაკებში, რომელთაც არ გააჩნია ძლიერი ურთიერთქმედება და ელექტრული მუხტი, ე.ი. არაა ეს ბარიონული ნივთიერება და ჩვეულებრივი აირი (წყალბადურ-ჰელიმიური პლაზმა), რომლის კუმშვამ და გაცივებამ ფარული მატერიის გრავიტაციულ ველში განაპი-

რობა ვარსკვლავთა უსწრაფესი წარმოშობა და გალაქტიკების სტრუქტურების ფორმირება.

გალაქტიკების ყველაზე სწრაფი ზრდა მიმდინარეობს პირველ 1-2 მილიარდ წელში. ჩვენს გალაქტიკაში იმ ეპოქიდან შემორჩა სფერულის მსგავსი გროვები და სქელი დისკების შემქმნელი ყველაზე ძველი ვარსკვლავები. ევოლუციასთან ერთად ელიფსურმა გალაქტიკებმა სწრაფად დაკარგეს ვარსკვლავთშორისი აირის მარაგები, ვარსკვლავთა ფორმირება შეჩერდა და სისტემების უმეტესობა ნელა ბერდებოდა, არსებული ცვლილებების გარეშე. ოდნავ მოგვიანებით შეწყდა ვარსკვლავთწარმოქმნა იმ გალაქტიკებში, რომელთაც ასტრონომები ლინზისებურს უწოდებენ [24]. სხვა საქმეა სპირალური და არაწესიერი გალაქტიკები. მათი ჩამოყალიბება გაიჭიმა მილიარდობით წელი და დღესაც არაა დასრულებული. ეს შეიძლება დაკავშირებული იყოს ვარსკვლავთწარმოქმნაზე აირის უფრო კანონზომიერ ხარჯვაზე და ასევე გალაქტიკათშორისი სივრციდან მათში აირის ახალი ულუფის მუდმივ შემოდინებაზე.

ჩვენი გალაქტიკის დისკის ვარსკვლავთა ქიმიური შედგენილობა პრაქტიკულად არ შეცვლილა უკანასკნელი 8-9 მილიარდი წლის მანძილზე, რაც მიუთითებს გალაქტიკების ურთიერთქმედებისა და შერწყმის წამყვან როლზე მათ ევოლუციაში. ხოლო ყოველი შერწყმა - ეს მთელი სისტემის მასის არა მარტო ზრდაა, არამედ ელიფსური გალაქტიკის ვარსკვლავთა ლითონური შემცველობის მომატებაცაა.

ალტერნატიული თვალთახედვა მასში მდგომარეობს, რომ გალაქტიკის ფორმირებაში ფუნდამენტური წვლილი შეაქვს არა ფარულ მატერიას, არამედ ბარიონულ ნივთიერებებს, რომელიც გრავიტაციული ზემოქმედებით კონცენტრირდება ჰალოს ირგვლივ ფარულ მატერიასთან ერთად.

ამრიგად, ადრეულ სამყაროში პირველად ფორმირდებიან მცირე ბნელი ჰალოები, ხოლო მასში - ჯუჯა გალაქტიკები. ბნელი ჰალოების ფორმირების აირი, რომელიც შეადგენს ბნელი მატერიის ~ 25%. სფერულ მოცულობაში თანაბრად ნაწილდება ბნელი ჰალო, რომელიც უზრუნველყოფს შეკუმშვის შეჩერებისათვის საკმარის წნევას. შემდეგ აირი თანდათან გამოსხივდება, ცივდება და ილექება დისკზე, რამდენადაც ენერგია თან მიაქვს გამოსხივებას, ხოლო იმპულსი არსად არ ქრება. აიროვან დისკში იწყება ვარსკვლავთწარმოქმნის პროცესი: მცირე ბნელი ჰალოს ცენტრში ყალიბდება მცირე ზომის დისკური გალაქტიკა. ურთიერთგრავიტაციის მოქმედებით მცირე ბნელი ჰალოები განაგრძობენ დაახლოებას, დაჯგუფებას და შერწყმას. ორი ბნელი ჰალოს შერწყმისას, მათი ორი დისკური გალაქტიკა ასე შეერწყმიან ერთმანეთს (დროში ერთმანეთისგან შეყოვნებით) და წარმოქმნიან ერთ ელიფსურ გალაქტიკას. შემდეგ თითქმის ჩამოყალიბებული გალაქტიკა ერწყმის მეორეს და წარმოქმნის უფრო მსხვილ ელიფსურ გალაქტიკას. ციკლები შეიძლება განმეორდეს [7, 21].

ამასთან დაკავშირებით მიზანშეწონილია განვიხილოთ გარედან ძალა-ენერგიის მოდინება, როგორცაა ირმის ნახტომის გალაქტიკის ფუნქციონირების მექანიზმის ნაწილი. სრულ იზოლაციაში არ შეიძლება მოხვედრილიყო ვარსკვლავი, რომელიც შეიძლებოდა დაშლილიყო ელემენტარულ ნაწილებად. ჩვენი გალაქტიკის განუხრელი მიახლოების პროცესი ანდრომედას ნისლეულის გალაქტიკასთან წარმოადგენს ასეთი სახის მექანიზმის გამოვლენას.

გალაქტიკების მორფოლოგიური ტიპების ფორმირების საკვანძო საკითხი ხდება მისი დროითი სკალა. კოსმოლოგიურ მოდელში გრავიტაციული შექუჩება ბნელი მატერიისათვის დასაწყისში მიმდინარეობს ტალღურად, შემდეგ იშლება ნამცეცხად, შემდეგ ისინი კოლაფსირებენ და იწყება ერთმანეთთან დაახლოება და შერწყმა გრავიტაციული ზემოქმედების შედეგად. ამ მოდელში გრავიტაციული იერარქიული თავმოყრის კონცეფციის ჩარჩოებში ყველა დრო საკმაოდ მკაცრადაა განაწილებული. მაგალითად, მასიური ელიფსური გალაქტიკები უნდა ჩამოყალიბდნენ სულ ბოლოს და შედარებით არც თუ დიდი ხნის წინ [7].

გალაქტიკების გლობალური ევოლუციით მართული ფიზიკური მექანიზმების კლასიფიკაცია მოიცავს ორ ძირითად მახასიათებელს: სივრცის მასშტაბებსა (შინაგანი და გარეგანი) და დროის მასშტაბებს (სწრაფი და ნელი). მექანიზმის სიჩქარე ფასდება მახასიათებელი დროის ფარდობით ორი მნიშვნელობით მახლობელ დინამიკურ დროსთან: გალაქტიკის ბრუნვის პერიოდთან და მისი თავისუფალი ვარდნის დროსთან, ე.ი. კოლაფსთან. ცალკეული გალაქტიკის ფარგლებში სწრაფი მექანიზმები - ესაა რამდენიმე ასეული მილიონი წლების განმავლობაში მოქმედი მექანიზმები. ნელი მექანიზმები გალაქტიკაში ქმნის მნიშვნელოვან ცვლილებებს მხოლოს მილიარდობით წლების განმავლობაში.

შიდა მექანიზმები მოქმედებენ იზოლირებულ გალაქტიკებში. გარეგანი მექანიზმების გასაშვებად აუცილებელია გვერდითი ძალები (აგენტები) - მეზობელი გალაქტიკები, ან გალაქტიკათშორისი გარემო, რომელიც ახორციელებს ვარსკვლავთწარმოქმნას, აირის წრებრუნვას და ლითონებით გამდიდრებას. ენერგოგამოყოფა ხდება ვარსკვლავური ქარის მეშვეობით და ზეახალი ვარსკვლავების აფეთქებით. შიდა საუკუნებრივი ევოლუციის მექანიზმებს შორის აღსანიშნავია გალაქტიკის დისკში ბარიონული ნივთიერების წანაცვლება (პირველ რიგში აირის გადაადგილება, შესაძლებელია თუ არსებობს იმპულსის გადანაწილების მექანიზმი). მათ შორის აირისა და ვარსკვლავების მომენტების ეფექტური გადაადგილება მიმდინარეობს, თუ დისკში ირღვევა ღერძული სიმეტრია და ვარსკვლავებისა და აიროვანი ღრუბლების ორბიტები, რომლებიც წარმოადგენენ ბრტყელ წრეწირებს ღერძსიმეტრიულ პოტენციალში. მათი ცენტრი მოთავსებულია გალაქტიკის დისკის ცენტრში და არსებითად არაწრიული ხდებიან.

გარე საუკუნეობრივი ევოლუციის შემთხვევაში მოქმედებენ გალაქტიკების

ურთიერთქმედებასთან დაკავშირებული გრავიტაციული ეფექტები.

ლიტერატურა

1. Zeilik H. Astronomy. New York, 1994.
2. ადეიშვილი თ. ასტროფიზიკის საფუძვლები. ქუთაისი, 2015.
3. Шуваев Г. Концепция научной картины Мира. Циклоническая Вселенная. Ярослав. 2014.
4. Paraev V. A. Philosophy of sciences, №3, 2009.
5. Ebeling W., Feisel R. Chaos and cosmos, M., 2005.
6. Лозинская Т. Взрывы звезд и звездный ветер в галактиках. Москва, УРСС, 2013.
7. Galaxies. Moscow, Fizmatlit Publ., 2013.
8. Tsvart S. Scientific American, №1, 2010.
9. Penrose R. The Emperor`s New Mind: Concerning Computers, Mind and The Laws of Physics. M., 2003.
10. Ландау Л., Лифшиц Е. Механика, М., Физматлит, 2004.
11. Hazen A. The Intelligence of Nature and the Human Mind. M., 2000.
12. Carlip S. Scientific American, №12, 2012.
13. Левитан Е. Физика Вселенной: экскурс в проблему. Москва, УРСС, 2013.
14. Gurevich L. Chernin F. The Origin of Galaxy and Stars. M., 2013.
15. ↑Астронет. Гравитационный коллапс. www.astronet.ru Дата обращения: 15.04.21. Архивировано ↑ 15.04.21.
16. Weitsakker C.F. Von. Physics and Philosophy. The Physicists Conception of Nature. Ed. J. Mehra. Dordrecht Boston, 1973.
17. Gamow G. Creation of the Universe. Viking Press, 1952.
18. Янчилин В.Л. Квантовая теория гравитации. М., УРСС, 2002.
19. Лозинская Т. Взрывы звезд и звездный ветер в галактиках, М., УРСС, 2016.
20. ↑Hubble E.P. Extragalactic nebulae [1] (ინგლ.)//Astrophys. J., Vol. 64, 1926.
21. ადეიშვილი თ. და სხვ. ასტრონომიის საფუძვლები. II ნაწილი, ქუთაისი, 2015.
22. ↑Gerard De Vaucauleurs // GenevaStar [↑].
23. ხარაძე ე. ასტრონომიის ამოცანები, მეთოდები და მიღწევები უძველეს დროიდან მიმდინარე საუკუნის მიწურულამდე. თბილისი, მეცნიერება, 1995.
24. ხარაძე ე. ზოგადი ასტროფიზიკის კურსი. თბილისი, თსუ-ის გამომცემლობა, 1982.

Evolution and ecology of Galactic processes

SUMMARY

Evolution of galactic processes reveals gravitational and hydrodynamic instability, phase transition, emergence of new forms, including living substance. Different but functionally interrelated possibilities are responsible for them. Galaxies, clusters and planets unique. Ecological conditions in the Milky Way galaxy, in the Solar system and on the planet Earth evolved under the impact of very specific mechanisms.

Keywords: Ecology, evolution, galaxies, phase transition