

ვაკუუმის ენერჯია და მისი გარდაქმნის გზები

თეიმურაზ ადეიშვილი

საქართველოს ეკოლოგიურ მეცნიერებათა აკადემია
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

აბსტრაქტი. მეცნიერები უკვე საუკუნეებია იკვლევენ ვაკუუმიდან ენერჯიის მიღების ურთულეს პრობლემებს. მხედველობაშია ენერჯიის პრინციპულად ახალი, რეალურად შესაძლებელი ვაკუუმური წყარო, რომელიც შეიძლება გახდეს ეკოლოგიურად სუფთა უზარმაზარი ენერჯიის გენერატორი.

საკვანძო სიტყვები. ვაკუუმი, ვაკუუმური ოკეანე, ჰოუკინგის გამოსხივება, კაზიმირის ეფექტი, ეკოლოგიურად სუფთა ენერჯია, ტორსული ველი, კვანტური გრიგალები, ნულოვანი ფლუქტუაციები.

1. ფიზიკური ვაკუუმი

ჩვენი გალაქტიკის - იგივე ირმის ნახტომის - მიღმა მილიონობით და მილიარდობით სინათლის წლის მანძილებზე განლაგებულია სხვა გალაქტიკები, ვარსკვლავთა გროვები, გალაქტიკური ჯგუფები, რომელთა რაოდენობა ასევე მილიარდობით ფასდება. თანამედროვე მონაცემებით მთელი სამყაროს ნივთიერების ~98% სწორედ ვარსკვლავებშია თავმოყრილი [1,2].

რა არის მოთავსებული გალაქტიკებსა და ვარსკვლავებს შორის? მათ შორის მანძილები მრავალჯერ აღემატებიან ამ ობიექტების საკუთარ ზომებს. გალაქტიკები და ვარსკვლავები კი მხოლოდ ცალკეული „წერტილები“ და „კუნძულები“ ამ უსასრულო სამყაროში.

ყველაფრის ჩამოთვლა, რაც ავსებს გალაქტიკათაშორისო, ვარსკვლავთშორისო და პლანეტათაშორისო სივრცეს და მათ შორის მზის სისტემის შიგნით ავსებულ სივრცეს, ძალიან მრავალფეროვანი და ტევადი აღმოჩნდება. ესაა კოსმოსური პლაზმა - იონირებული აირი, კოსმოსური სხივები, მტვროვანი ნაწილაკები, მეტეორული ნივთიერებები, ელექტრომაგნიტური ველები და სხვა [3].

რა მოხდება თუ კოსმოსური სივრცის რაიმე მოცულობიდან ამოვიღებთ ყველაფერს, რაც კი შეიძლება? რა დარჩება ამის შემდეგ - აბსოლუტური სივარიელები თუ მაინც რაღაც უჩვეულო თვისებების მქონე ფიზიკური სისტემა ანუ ვაკუუმი? მხედველობაში გვაქვს არა „ტექნიკური ვაკუუმი“, რომელიც წარმოიქმნება რაიმე ჭუნჭულიდან ჰაერის ამოტუმბვის შედეგად, არამედ მატერიის რაღაც განსაკუთრებული მდგომარეობა.

იმის შესახებ, რომ ბუნებაში უნდა არსებობდეს რაღაც „ცარიელი არარაობა“ ფიქრობდნენ ძველი ეპოქის ფილოსოფოსები. თუმცა ისეთი გამოჩენილი მოაზროვნე, როგორც იყო **არისტოტელე**, ანალოგიურ თვალსაზრისს არ იზიარებდა, მას აკვირვებდა ის, რომ არსებობს „რაღაც“ და არა „არაფერი“. მაგრამ თავის ცნობილ „ფიზიკაში“ ის ამტკიცებდა, რომ „ბუნებას ემინია სივარიელის“.

მიუხედავად ამისა იყო დრო, როცა თვლიდნენ, რომ სამყარო შედგება ნივთიერებები-საგან და ცარიელი სივრცისაგან (რომელიც მოკლებულია მატერიას) - თავისებური უნივერსალური არენისაგან, რომელშიც მიმდინარეობს ბუნების ყველა ფიზიკური პროცესი.

არისტოტელესაგან განსხვავებულ პოზიციას იკავებდა **გალილეო გალილეი**, რომელიც თვლიდა, რომ ბუნებას „ემინია“, სიცარიელის, მაგრამ განსაზღვრულ პირობებში: მყარი სხეულების დრეკადობას ის ხსნიდა იმით, რომ ამ სხეულების შემადგენელ წვრილ ნაწილაკებს შორის არსებობენ თავისუფალი სივრცეები - თავისებური „ფორმები“, რომლებიც არ არიან ნივთიერებით ავსებული.

მაგრამ მეცნიერების განვითარებასთან ერთად, „სიცარიელის“ ცნებამ განიცადა არსებითი, პრინციპული ცვლილებები. გაირკვა, რომ აბსოლუტური სიცარიელე ბუნებაში არ დაიკვირვება. ამ თვალსაზრისით სინამდვილესთან ახლოს მაინც **არისტოტელე** იყო. ის არის იქაც კი, სადაც სავსებით არ არის რაიმე სახის ნივთიერება. უკვე XIX საუკუნეში, გამოჩენილმა ფიზიკოსმა **მაიკლ ფარადეიმ**, რომელმაც ბუნების სხვადასხვა ფუნდამენტურ პროცესებს შორის ელექტრომაგნიტური ინდუქციის მოვლენაც აღმოაჩინა, მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ მატერია არსებობს ყველგან და არ არსებობს შუალედური სივრცე, რომელსაც ის იკავებს. სივრცის ნებისმიერი ნაწილი ყოველთვის ავსებულია მატერიის რომელიმე სახით - სხვადასხვა გამოსხივებითა და ველებით.

თუმცა თვით ასეთი შესწორებების დროსაც კი სივრცე მაინც რჩებოდა უბრალო სათავსოდ, რომელიც ავსებული იყო ურიცხვი მატერიალური ობიექტებით.

XIX საუკუნის დასაწყისში ოპტიკის განვითარებამ მეცნიერები აიძულა ეფიქრათ მასზე, თუ რას წარმოადგენს სინათლე და რანაირად ვრცელდება ის. გამოითქვა მოსაზრება, რომ ბგერითი ტალღების მსგავსად, სინათლის ტალღებიც ვრცელდებიან განსაკუთრებულ დრეკად გარემოში, ყველაფრის ამავსებელ ე.წ. „ეთერში“. ეთერის რხევები, ეს იგივე სინათლის ტალღებია.

მაგრამ მალე აღმოჩნდა ფაქტი, რომელიც ეთერის ჰიპოთეზასთან შეურიგებელ წინააღმდეგობაში მოვიდა. აღმოჩნდა რომ სინათლის ტალღებს გააჩნდა განივი ხასიათი. სხვა სიტყვებით სინათლის ტალღაში რხევების მიმართულება მისი გავრცელების მიმართულების პერპენდიკულარულია. მაგრამ განივი ტალღები შეიძლება გავრცელდნენ მხოლოდ მყარ სხეულებში. ეთერი კი არ შეიძლება იყოს მყარი, რადგანაც წინააღმდეგ შემთხვევაში მასში ვერ იმოძრაებდნენ ციური სხეულები.

მიუხედავად ამისა, წარმოდგენები ეთერის შესახებ სხვადასხვა ვარიანტში, კიდევ დიდხანს არსებობდნენ, სანამ **ა. აინშტაინის** მიერ შექმნილმა ფარდობითობის თეორიამ ბოლო არ მოუღო მას [4]. ამჯერად, უკვე საბოლოოდ აღმოჩნდა, რომ სინათლისათვის საჭირო არ იყო მატერიალური გადამტანი. სინათლის სხივები თვითონ წარმოადგენდნენ განსაკუთრებული სახის მატერიას.

მხოლოდ XX საუკუნის დასაწყისში კვანტური ფიზიკის განვითარებასთან დაკავშირებით წარმოდგენები „სიცარიელის“ შესახებ ახალ დონეზე ავიდა. მათ განვითარებაში უდიდესი როლი ითამაშა ცნობილმა ფიზიკოსმა **პოლ დირაკმა** [5]. ვაკუუმის შესწავლას ის ძალზე დიდ მნიშვნელობას ანიჭებდა. „ვაკუუმის ზუსტი აღწერის პრობლემა, - წერდა **დირაკი**, - ჩემი აზრით წარმოადგენს ფიზიკოსების წინაშე დღეისათვის მდგომ ძირითად პრობლემას. მართლაც, თუ თქვენ ვერ შეძლებთ ვაკუუმის სწორად აღწერას, მაშინ რაიმე უფრო რთულის აღწერის იმედი არ უნდა გექონდეს“. მაგრამ ფიზიკური ვაკუუმის თეო-

რის აგების ამოცანა გაცილებით რთული აღმოჩნდა, ვიდრე დირაკი ფიქრობდა. მისი შრომებიდან გამომდინარეობდა, რომ ე.წ. „ვაკუუმური ზღვა“ თითქმის არანაირად არ ავლენდა საკუთარ თავსა და მისგან მიღებულ შედეგებს.

მიუხედავად ამისა, მეცნიერების შემდგომი წინსვლისას, დაგროვდა სულ უფრო მეტი ფაქტი, რომლებიც მასზე მოწმობდნენ, რომ „ფიზიკური ვაკუუმი“ არა უბრალოდ მეცნიერების მიერ სუფთა პირობითი გამოწავლია, არამედ მატერიის რეალური ფიზიკური მდგომარეობაა. იგივე დირაკი ვარაუდობდა, რომ ვაკუუმიდან თუ გარეგანი ენერგეტიკული ზემოქმედების შედეგად შეიძლება ელექტრონის „ამოგლეჯა“ და მისი რეალურ ნივთიერ ნაწილაკებად გარდაქმნა, მაშინ „ვაკუუმურ ოკეანეში“ მის ადგილას უნდა დარჩეს თავისებური „ხვრელი“, რომელსაც ექნება ელექტრონის ყველა თვისება, მაგრამ დადებითი მუხტი. ამ მოსაზრების გამოთქმიდან ერთი წლის შემდეგ ასეთი „დადებითი ელექტრონი“ – „პოზიტრონი“ ექსპერიმენტულად დაარეგისტრირეს კოსმოსურ სხივებში.

შემდგომში გაირკვა კიდევ უფრო მეტად გასაკვირი ფაქტორები. აღმოჩნდა, რომ ნივთიერების, ველებისა და გამოსხივების გარდა არსებობს კიდევ ერთი ერთობ უჩვეულო მატერიის არსებობის „ფარული“ ფორმა - ფიზიკური ვაკუუმი. თუმცა ის არც სრულად ფარულია. სივრცის ყოველ წერტილში ყოველ წამში ფიზიკური ვაკუუმი წარმოშობს ნაწილაკებსა და ანტინაწილაკებს, რომლებიც მაშინვე ანიჰილირდებიან და ისევ შთაინთქმებიან „ვაკუუმურ წყვილადში“.

კერძოდ, დადგინდა, რომ ფიზიკური ვაკუუმიდან წარმოქმნილი ელექტრონი როგორც რეალური ნაწილაკი იარსებებს ძალზე მცირე დროის განმავლობაში, სულ რაღაც 10^{-22} წამის მანძილზე და არანაირად არ გამოავლენს თავს, ე.ი. ურთიერთქმედებაში არ შევა რომელიმე სხვა რეალურ ნაწილაკთან.

ასევე გაირკვა, რომ ელექტრონი, მიკროსამყაროს ზოგიერთი ფუნდამენტური კანონის თანახმად, არასოდეს არანაირი გარემოებების დროს არ იქნება მოსვენებულ მდგომარეობაში. მისთვის შეუძლებელია მთელი ენერგიის წართმევა და ნებისმიერ პირობებში იგი იმოძრაავდეს.

ეს არის ძირითადი საკვანძო მტკიცებულება ვაკუუმის თანამედროვე წარმოდგენებზე. ნებისმიერი მიკროსისტემა ყოველთვის უნდა მოძრაობდეს. სივრცის ნებისმიერი მცირე მოცულობაში უწყვეტად იზადებიან წყვილები - „ნაწილაკი - ანტინაწილაკი“. ისინი წარმოიქმნებიან და მყისვე იწყებენ ანიჰილაციას, ასხივებენ სინათლის კვანტებს, რომლებიც თავის მხრივ მყისეულად შთაინთქმებიან. განხილული მოცულობის ნებისმიერ წერტილში ყოველთვის არსებობს მრავალნაირი ნაწილაკი და გამოსხივების კვანტები.

ვაკუუმიდან წარმოქმნილი ელემენტარული ნაწილაკები არა მარტო ელექტრონები და პროტონებია, არამედ უნდა არსებობდეს მათი უზარმაზარი სიმრავლე. მსგავს „უხილაკ“ ნაწილაკებს „ვირტუალური“ უწოდეს. ისინი ერთდროულად კიდევ არსებობენ და არც არსებობენ. ითვლება, რომ ვაკუუმში გვხვდებიან ელემენტარულ ნაწილაკთა ყველა შესაძლო სახეობა. მაგრამ ჩვეულებრივ პირობებში მათი ენერგია არასაკმარისია, რათა გამოაღწიონ რეალურ სამყაროში და გარდაიქმნან ჩვეულებრივი ნივთიერების ნაწილაკებად. ასეთი ნაწილაკების არსებობას მეცნიერებმა „ვაკუუმის ნულოვანი რხევები“ უწოდეს [6].

ისმის კითხვა „ნულოვანი რხევები“, თუკი არაა „ნულოვანი“? შესაძლებელია თუ არა მათი აღმოჩენა? შესაძლებელია განსაკუთრებული გარემოებების დროს, ნულოვანი რხევები იწყებენ თავისთავის გამჟღავნებას. ამ დროს უნდა წარმოიშვას სპეციფიკური ეფექტები, რომელთა რეგისტრაცია პრინციპში შესაძლებელია და ზოგიერთი მათგანი დღეს ფიქსირებულია.

ისე გამოდის, რომ სწორედ ფიზიკური ვაკუუმია ყველა არსებულის საფუძველი. საინტერესოა, რომ ანალოგიური იდეა თავის დროზე გამოთქვა ესტონელმა მეცნიერმა აკადემიკოსმა **ჰუსტავ ნაანმა** [7]. მისი მტკიცებულებით, „სამყაროს საფუძველს წარმოადგენს ვაკუუმური ოკეანე, ხოლო ყველა ხილული კოსმოსური ობიექტი, ეს მხოლოდ მსუბუქი რიყეა მის ზედაპირზე“.

ძალზე საინტერესო აღმოჩნდა ამ მიმართულებით ჩატარებული პირველი ექსპერიმენტის ისტორია. რომელმაც უჩვენა, რომ ვაკუუმში წარმოადგენს ფიზიკურად რეალურ „რადაცას“. შემთხვევით არ უწოდებიათ მისთვის „საუკუნის ექსპერიმენტი“. როდესაც 1930-იან წლებში **პოლ დირაკმა** გამოთვალა წყალბადის ატომის გამოსხივების სპექტრი. მაშინ გაირკვა, რომ ე.წ. მეორე ენერგეტიკული დონე, რომელზეც არსებობა ელექტრონს შეეძლო, სინამდვილეში იყო ერთმანეთთან შერწყმული ორი დონე.

რამდენიმე წლის შემდეგ ამერიკელმა ფიზიკოსმა **ლ. პასტერნაკმა**, წყალბადის ოპტიკური სპექტრის კვლევისას, კერძოდ, ელექტრონის მეორე დონიდან პირველზე გადასვლისას მიმდინარე პროცესების შესწავლისას აღმოაჩინა, რომ ამ დროს წარმოიშობა არა ერთი, არამედ ორი სპექტრული ხაზი. მაგრამ ეს შედეგი მიღებულ იქნა ხელსაწყოს შესაძლებლობის ზღურბლზე და მიღებულ დასკვნას სერიოზული ყურადღება არ მიაქცევს.

თუ მეორე დონე მართლაც ორად იხლიჩებოდა, მაშინ მათ შორის უნდა არსებობდეს გადასვლა და როგორც გამოთვლები უჩვენებდა გამოსხივების შესაბამისი ხაზი უნდა მოთავსებულიყო რადიოდიამეტრში. ამ მოსაზრების შესამოწმებლად ამერიკელმა ფიზიკოსმა **ვილის ლემზმა** გადაწყვიტა რადიოლოკაციური აპარატურის გამოყენება. როცა დაგეგმილი ექსპერიმენტი განხორციელდა **ლემზმა** აღმოაჩინა რადიოუბანში გამოსხივებული მეორე ხაზი [8].

დირაკი მცირედ შეცდა დასკვნების გამოტანისას. მან ვერ გაითვალისწინა წყალბადის მეორე დონის გახლეჩის გამომწვევი ფიზიკური ეფექტი და იხილავდა მხოლოდ პროტონისა და ელექტრონისაგან შედგენილ სისტემას. ხოლო რეალურ სამყაროში ასეთი იზოლირებული სისტემა უბრალოდ არ არსებობს - არის ფიზიკურ ვაკუუმში „ჩამირული“ პროტონი და ელექტრონი. პროტონი მძიმე ნაწილაკია და ის ვაკუუმის რხევებს არ ექვემდებარება, მაშინ როცა ელექტრონი ამ რხევების გავლენით თვითონ იწყებს რხევას, რაც იწვევს **ლემზის** მიერ აღმოჩენილი ენერგეტიკული დონის გახლეჩას.

ჯერ კიდევ მეორე მსოფლიო ომამდე საბჭოთა ფიზიკოსმა **დიმიტრი ბლოხინცევმა** აკადემიკოს **ი. ტამის** სემინარზე სავსებით სწორი ახსნა მისცა პასტერნაკის ცდის შედეგებს. მისი მტკიცებით მსგავსი ეფექტი შეიძლება გამოიწვიოს ფიზიკური ვაკუუმის რხევებმა. **ბლოხინცევის** იდეა იმდენად უჩვეულოდ მოეჩვენათ, რომ მას სერიოზულად არავინ მოკიდებია.

საერთოდ გასული საუკუნის 40-იანი წლების ბოლომდე ფიზიკოსთა უმრავლესობას ფიზიკური ვაკუუმი რაღაც მატერიალური სამყაროს მიღმა არსებულად მიაჩნდათ.

დავუბრუნდეთ მოვლენებს, რომლებიც მიმდინარეობენ ფიზიკურ ვაკუუმში და დღე-ისათვის მათ რეალობაში ეჭვი არავის შეაქვს.

ცნობილია, რომ ორი სხვადასხვა ნიშნის ელექტრული მუხტი სივარცელში მიიზიდებიან ერთმანეთის მიერ რაღაც ძალით. მაგრამ თუ მოვათავსებთ რაიმე გარემოში, მაშინ მისი გავლენით მუხტებს შორის ურთიერთქმედების ძალა შეიცვლება. მაგალითად, წყალში ის 80-ჯერ შესუსტდება. რაღაც ანალოგიური ხდება ფიზიკურ ვაკუუმში. თუ მასში მოათავსებულა, ვთქვათ, დადებითად დამუხტული ბირთვი, მაშინ ის იწყებს ურთიერთქმედებას ელექტრონებთან და პოზიტრონებთან - მიიზიდავს ელექტრონებს და განიზიდავს პოზიტრონებს. ამის შედეგად ორი მუხტი ერთმანეთთან ურთიერთქმედებს კულონის კანონისაგან განსხვავებულად. ეს გადახრა დაიკვირვება ამაჩქარებლებზე ჩატარებულ ცდებში. მაგალითად, დიდი ენერჯის ელექტრონების კონის პროტონებზე გაბნევა ფიზიკური ვაკუუმის გავლენით მთლად ისე არ მიმდინარეობს, როგორც ეს სივარცელში უნდა მიმდინარეობდეს. ამრიგად, შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ფიზიკური ვაკუუმი წარმოადგენს გარემოს, რომელიც არაფრით „ნაკლებია“ იმ გარემოებზე, რომლებსაც ბუნებაში ვხვდებით. მაგრამ, ჩვენთვის ცნობილ რომელ გარემოებს ჰგავს ის? - აი რაშია კითხვა: ლითონს?, ნახევარგამტარს?, სითხეს?. უკანსკნელი გამოკვლევები უჩვენებს, რომ მრავალ დამოკიდებულებაში ფიზიკური ვაკუუმი იქცევა როგორც ზეგამტარი.

ზეგამტარობა - ერთობ საინტერესო მოვლენაა, როცა ზოგიერთ ლითონში ტემპერატურის - 250°C - მდე დაცემისას ელექტრული წინააღმდეგობა მისი წრაფის ნულისაკენ, ე.ი. ხდება არა უსასრულოდ მცირე, არამედ სავსებით ქრება. სპეციალისტებმა ჩაატარეს ასეთი ცდა. ჩაკეტილ კონტურში, რომელიც მოთავსებული იყო თხევად ჰელიუმში, გაატარეს დენი. ის ცირკულირებდა კონტურში ყოველგვარი ცვლილების გარეშე 14 თვის განმავლობაში, მანამდე, სანამ არ დაშალეს კონტური. ზეგამტარობის მოვლენის აღმოჩენიდან გავიდა თითქმის 40 წელი. სანამ გაერკვეოდნენ მოვლენის ფიზიკურ მექანიზმებში. ნივთიერების კრისტალური მესრის გავლენით ზეგამტარებში განსაზღვრულ პირობებში ელექტრონები ურთიერთმიიზიდებიან და წარმოქმნიან ბმულ წყვილებს. მათთვის კანონზომიერია განლაგდნენ ქვედა ენერგეტიკულ დონეზე. ამრიგად, ზეგამტარის შიგნით წარმოიქმნება თავისებური ქვესისტემა, ნულის ტოლი ენერჯის მატარებელი გუნდი, რომელსაც გააჩნია ზეგამტარობის თვისებები. უხეშად რომ ვთქვათ, ეს ქვესისტემა უზრუნველყოფს ელექტრონთა ხახუნის გარეშე მოძრაობას. ესაა ზეგამტარობა [9].

1967 წელს ამერიკელმა ფიზიკოსმა ს. ვაინბერგმა და ინგლისში (ტრიესტში) მცხოვრებმა და მომუშავე პაკისტანელმა ფიზიკოსმა ა. სალამმა, წარმოადგინეს ფიზიკური ვაკუუმის ერთობ საინტერესო თეორია, რომელიც ძალზე გვაგონებს ზეგამტარობის თეორიას. მათი თეორიიდან გამომდინარე, ფიზიკურ ვაკუუმშიც შეიძლება ქვედა ენერგეტიკულ დონეზე წარმოიშვას ნაწილაკთა ჯგუფი - ე.წ. კონდენსატი. ამ შემთხვევაში დადასტურდა ძალზე საინტერესო ფაქტი: მასზე, რამდენი ნაწილაკი აღმოჩნდება ასეთ ჯგუფში (გუნდში), დამოკიდებულია რეალურ ნაწილაკთა ფიზიკური მახასიათებლები, მაგალითად,

მათი მასები [10].

ამრიგად, თანამედროვე ფიზიკას გააჩნია იმის დამაჯერებელი მტკიცებულებები, რომ „ფიზიკური ვაკუუმი“ სინამდვილეში არა „არაფერი“, არამედ მაინც „რალაცა“ და ზოგი მეცნიერის აზრით ყველაფერია. ყველაზე მთავარი კი მასში მდგომარეობს, რომ ჩვენი გრძნობითი ორგანოებისათვის მიუწვდომელი და მათ ფარგლებს გარეთ არსებული მატერიის ეს ფარული გამოუცნობი ფორმა შეიძლება რაღაც პირობებში წარმოქმნიდეს ნივთიერ ნაწილაკებს, იყოს ენერჯის უშრეტი წყარო და ასეთი პირობები შეიქმნას როგორც გარე ძალების ზემოქმედებით, ისე სპონტანურად, თვითნებურად.

2. ვაკუუმის ფორმები

გარდა ფიზიკური ვაკუუმისა, რომელშიც იგულისხმება კვანტური ველის ყველაზე დაბალი ენერგეტიკული მდგომარეობა, შეიძლება შემოვიღოთ ტექნიკური ვაკუუმის, კოსმოსური ვაკუუმის, აინშტაინის ვაკუუმის, ცრუ ვაკუუმისა და აბსოლუტური ვაკუუმის ცნებები. მოკლედ განვიხილოთ ისინი.

2.1. ტექნიკური ვაკუუმი

პრაქტიკაში ძლიერ გაიშვიათებულ აირს ტექნიკური ვაკუუმი ეწოდება. მაკროსკოპულ მოცულობებში იდეალური ვაკუუმის მიღწევა შეუძლებელია, ხოლო მიკროსკოპული მოცულობებისას მისი მიღწევა პრინციპში შესაძლებელია.

ამ ვაკუუმის გაიშვიათების ხარისხის ზომას წარმოადგენს აირის მოლეკულების თავისუფალი განარბენის λ სიგრძე, რომელიც დაკავშირებულია აირში მათ ურთიერთშეჯახებასთან და იმ ჭურჭლის მახასიათებელ α ზომასთან, რომელშიც აირია მოთავსებული.

მკაცრი მიდგომით, ტექნიკურ ვაკუუმს უწოდებენ ჭურჭელში, ან მილსადენში, მოთავსებულ აირს, რომლის წნევა დაბალია ატმოსფერულზე. მეორე, განსაზღვრების თანახმად, როცა აირის მოლეკულები, ან ატომები, შეწყვეტენ ურთიერთშეჯახებას და აირის აეროდინამიკური თვისებები იცვლებიან სიბლანტისეულით, ამბობენ დაბალი ვაკუუმის შესახებ (~ 1 მოლეკულა 1 კუბურ სანტიმეტრში) [11].

ტექნიკური ვაკუუმის მიღწევისა და შენარჩუნებისათვის გამოყენებულ აპარატებს ვაკუუმურ ტუმბოებს უწოდებენ. აირების შესრუტვისა და აუცილებელი ხარისხის ვაკუუმის შესაქმნელად გამოიყენება ე.წ. გეტერები. უფრო ფართო ტერმინი - ვაკუუმური ტექნიკა, ასევე მოიცავს ხელსაწყოებს ვაკუუმის გაზომვისა და კონტროლისათვის, ვაკუუმურ კამერაში საგნებზე მანიპულირებისა და ტექნოლოგიური ოპერაციების ჩატარებისათვის და ა.შ. მაღალვაკუუმური ტუმბოები წარმოადგენენ რთულ ტექნიკურ ხელსაწყოებს. მათ ძირითად ტიპებს წარმოადგენს ე.წ. დიფუზიური ტუმბოები, რომელთა მუშაობის პრინციპი ეფუძნება მუშა აირის ნაკადით ნარჩენი აირის მოლეკულების წარტაცებას. გეტერული იონირებული ტუმბოები, რომლებიც ემყარებიან აირის მოლეკულების გეტერში (მაგალითად, ტიტანში) ჩანერგვას და კრიოსორბციული ტუმბოები, რომლებიც ძირითად გამოიყენება ფორვაკუუმის შესაქმნელად.

თვით იდეალურ ვაკუუმში სასრული ტემპერატურის დროს არსებობს რალაცნაირი თბური გამოსხივება (ფოტონური აირი). მასში მოთავსებული სხეული ადრე თუ გვიან მოვა თბურ წონასწორობაში ვაკუუმური კამერის კედლებთან თბური ფოტონების მიმოც-

ვლის ხარჯზე.

ვაკუუმში წარმოადგენს კარგ თერმოიზოლატორს. მასში თბური ენერჯის გადატანა წარმოებს მხოლოდ თბური გამოსხივების ხარჯზე, ხოლო კონვექცია და თბოგამტარობა გამორიცხებულია.

ტექნიკური ვაკუუმში ფართოდ გამოიყენება ელექტროვაკუუმურ ხელსაწყოებში: რადიოლამპებში; ელექტრონურ-სხივურ მილაკებში და სხვა.

2.2. კოსმოსური ვაკუუმი

კოსმოსური სივრცე წარმოადგენს არაიდეალურ ვაკუუმს. მისი გაიშვიათებული პლანმა ავსებულია დამუხტული ნაწილაკებით, ელექტრომაგნიტური და გრავიტაციული ველებით და ნივთიერებით.

კოსმოსურ სივრცეს გააჩნია ძალიან დაბალი სიმკვრივე და წარმოადგენს ფიზიკური ვაკუუმის საუკეთესო მიახლოებას. ის არაა სავსებით სრულყოფილი. თვით ვარსკვლავთმორისო სივრცეში ერთ კუბურ სანტიმეტრში არის წყალბადის რამდენიმე ატომი. იონირებული ატომური წყალბადის სიმკვრივე ადგილობრივი ჯგუფის გალაქტიკათაშორისო სივრცეში შეფასებულია როგორც $\sim 7 \cdot 10^{-29}$ გ/სმ³ [12].

ვარსკვლავები, პლანეტები და მათი თანამგზავრები თავიანთ ატმოსფეროებს იკავებენ გრავიტაციული ძალით და მათ არ გააჩნიათ მკვეთრად შემოხაზული საზღვარი. დედამიწის ატმოსფეროს წნევა ეცემა ექსპონენციალური კანონით და 100 კმ სიმაღლეზე შეადგენს $\sim 3,2 \cdot 10^{-2}$ პა. ამ სიმაღლეს **კარმანის** ხაზს უწოდებენ, რომელიც წარმოადგენს კოსმოსურ სივრცესთან საზღვრის საერთო განსაზღვრებას. ამ ხაზის ზემოთ აირის იზოტროპული წნევა სწრაფად ხდება უმნიშვნელო მზის გამოსხივების დინამიკურ წნევასთან შედარებით. თერმოსფეროში წნევის, ტემპერატურისა და კონცენტრაციების დიდი გრადიენტებია და იცვლებიან კოსმოსური ამინდის მიხედვით.

კარმანის ხაზს ზემოთ რამდენიმე ასეულ კილომეტრზე ატმოსფეროს სიმკვრივე ჯერ კიდევ საკმარისია, რათა არსებითი წინააღმდეგობა გაუწიოს დედამიწის ხელოვნურ თანამგზავრებს. ისინი ძირითადად მოძრაობენ იმ ზონაში, რომელსაც დედამიწის დაბალი მახლობელი ორბიტა ეწოდება და გარკვეული ენერგეტიკული დანახარჯებია საჭირო სტაბილური ორბიტის შესანარჩუნებლად. კოსმოსური სივრცე ავსებულია დიდი რაოდენობის კოსმოსური რელიქტიური გამოსხივებით და მისი ტემპერატურა შეადგენს 270° C [13].

ასეთი გამოსხივება თეორიულად ნაწინასწარმეტყველები იყო ამერიკელი მეცნიერის **გ. გამოვის** მიერ დიდი აფეთქების თეორიის ჩარჩოებში. მიუხედავად იმისა, რომ დღეისათვის დიდი აფეთქების პირველსაწყისი თეორიის მრავალი ასპექტი გადახედულია, რელიქტიური გამოსხივების ეფექტური ტემპერატურის შეფასების მეთოდები მაინც უცვლელი დარჩა. ექსპერიმენტალურად მისი არსებობა დადასტურდა 1965 წ. ამერიკელი მეცნიერების **ა. პენზიასისა** და **რ. ვილსონის** მიერ.

2.3. ცრუ ვაკუუმი

ცრუ ანუ მეტასტაბილური ვაკუუმი ველის კვანტურ თეორიაში წარმოადგენს მდგომარეობას, რომელიც არაა გლობალური მინიმალური ენერჯის მდგომარეობა და შეესაბამება მის ლოკალურ მინიმუმს. ასეთი მდგომარეობა მეტასტაბილურია, მაგრამ მას შეუძ-

ლია „გვირაბირება“ ჭეშმარიტი ვაკუუმის მდგომარეობაში.

სამყაროს ინფლაციური თეორიის [2] მიხედვით ცრუ ვაკუუმიდან სამყაროს წარმოშობის შემდეგ მყისვე შეიძლება წარმოქმნილიყო არა ერთი, არამედ მრავალი გალაქტიკა (მათ შორის ჩვენიც) და ამ შემთხვევაში დიდი აფეთქება იქნებოდა ცრუ ვაკუუმის ჩვეულებრივში გადასვლის პროცესი.

ამ თეორიის თანახმად, ცრუ და ჭეშმარიტი ვაკუუმის ზონებს შორის უნდა იყოს შუალედური ზონა, რომელშიც ცრუ გადადის ჭეშმარიტ ვაკუუმში. არსებობს მოსაზრება, რომ ჩვენ ვარსებობთ ცრუ და არა ჭეშმარიტ ვაკუუმში.

2024 წლის 24 იანვარს ცნობილი გახდა, რომ მეცნიერებმა **ბოზე-აინშტაინის** კონდენსატში აღმოაჩინეს ცრუ ვაკუუმის დაშლა [15].

2.4. აინშტაინის ვაკუუმი

აინშტაინის ვაკუუმი ზოგჯერ გვხვდება ზოგად ფარდობითობის თეორიაში ცარიელი, უმატერიო სივრცე-დროის აინშტაინისეული განტოლებების ამოხსნების შემთხვევაში. მისი სინონიმია **აინშტაინის** სივრცე.

აინშტაინის განტოლებები აკავშირებს სივრცე-დროის მეტრიკას (მეტრიკულ ტენზორს) ენერგია-იმპულსის ტენზორთან. ის ზოგადი სახით ასე ჩაიწერება [15].

$$G_{\mu\nu} + \Delta g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu} \tag{1}$$

სადაც **აინშტაინის** $G_{\mu\nu}$ ტენზორი წარმოადგენს მეტრიკული ტენზორისა და მისი კერძო წარმოებულების განსაზღვრულ ფუნქციას;

Δ - კოსმოლოგიური მუდმივაა;

$g_{\mu\nu}$ - მეტრიკული ტენზორი;

$T_{\mu\nu}$ - ენერგია-იმპულსის ტენზორი;

$\pi = 3,14$;

C - სინათლის სიჩქარეა ვაკუუმში;

G - **ნიუტონის** გრავიტაციული მუდმივა.

ამ განტოლებათა ვაკუუმური ამონახსნები მიიღება მატერიის არარსებობისას, ე.ი. სივრცისა და დროის განხილულ არეში ენერგია - იმპულსის ტენზორის ნულთან იგივე რად ტოლობის დროს: $T_{\mu\nu} = 0$. ხშირად Δ წევრს ასევე თვლიან ნულის ტოლად, განსაკუთრებით ლოკალური (არაკოსმოლოგიური) ამონახსნების გამოკვლევების შემთხვევაში. მაგრამ აკადემიური ამონახსნების განხილვისას, როცა დელტა წევრი განსხვავებულია ნულისაგან (Δ - ვაკუუმში) მიიღება ისეთი მნიშვნელოვანი კოსმოლოგიური მოდელები, როგორცაა **დე სიტერის** მოდელი ($\Delta > 0$), **ანტი - დე სიტერის** მოდელი ($\Delta < 0$).

ტრივიალური ვაკუუმური ამონახსნი **აინშტაინის** განტოლებებისათვის წარმოადგენს **მინკოვსკის** ბრტყელ სივრცეს. ე.ი. ფარდობითობის სპეციალურ თეორიაში განხილულ მეტრიკას.

სხვა ვაკუუმური ამონახსნები **აინშტაინის** განტოლებებისათვის მოიცავს შემდეგ შემთხვევებს:

1. **მილნის** კოსმოლოგიური მოდელი - **ფრიდმანის** მეტრიკის კერძო შემთხვევა ენერგიის

ნულოვანი სიმკვრივისათვის;

2. შვარცშილდის მეტრიკა, რომელიც აღწერს გეომეტრიას სფერულად სიმეტრიული მასის ირგვლივ;
3. კერის მეტრიკა, რომელიც აღწერს გეომეტრიას მბრუნავი მასის ირგვლივ;
4. ბრტყელი გრავიტაციული ტალღა და სხვა ტალღური ამონახსნები

2.5. აბსოლუტური ვაკუუმი

აბსოლუტური ვაკუუმი, ანუ აბსოლუტური სიცარიელე - ესაა სივრცე - დროში არსებული ხვრელი, სადაც არ არსებობს აბსოლუტურად არაფერი მატერიალური, არც მატერია, არც თვით დრო-სივრცე. მისი სინონიმებია: 1. სიცარიელე, აუვსებლობა, რაიმეს არარსებობა; 2. რაღაცა - კატეგორია, რომელიც აფიქსირებს რაიმე არსის არარსებობას ანუ საერთოდ ყოფიერების უარყოფას. ესაა აზროვნების სახე, რომელიც დაკავშირებულია რაც უნდა იყოს იმის არარსებობასთან.

როგორც აღინიშნა, ფიზიკურ ვაკუუმში ვგულისხმობთ სივრცეში ნივთიერებისა და ნაწილაკების სავსებით არარსებობას. კიდევაც, რომ მივადწიოთ პრაქტიკულად ასეთ მდგომარეობას, ის მაინც არ იქნება აბსოლუტურად ცარიელი. ველის კვანტური თეორიის თანახმად, ვაკუუმში მუდმივად წარმოიშობიან ვირტუალური ნაწილაკები. ამიტომ ჭურჭლიდან ჰაერის ჩვეულებრივი ამოტუმბვით ვერ მივიღებთ აბსოლუტურ ვაკუუმს, რამდენადაც ჭურჭელში გარედან შემოდინან ახალი ნაწილაკები და ველები. გარდა ამისა ვაკუუმის ფლუქტუაციის გამო თვით ჭურჭელში „არაფრისაგან“ მუდმივად წარმოიქმნება ვირტუალური ნაწილაკები. აბსოლუტური ვაკუუმი ბუნებაში არ არსებობს [15].

3. ფიზიკური ვაკუუმის პოლარიზაცია და მისი მექანიზმები

ვაკუუმის პოლარიზაცია წარმოადგენს მასში ნაწილაკთა წყვილის წარმოშობისა და ანიჰილაციის ვირტუალურ პროცესებს, რომლებიც განპირობებულია კვანტური ფლუქტუაციებით. ეს პროცესები ქმნის ურთიერთმოქმედი კვანტური ველების სისტემათა ყველაზე დაბალ (ნულოვან) მდგომარეობას [16].

აბსტრაქტული აბსოლუტური ვაკუუმისაგან განსხვავებით რეალური - ფიზიკური ვაკუუმი შეიძლება განვიხილოთ როგორც „საშუალოდ“ ცარიელი. მაგრამ როგორ გულმოდგინედაც არ უნდა გამოვაცარიელოთ, ან დავაეკრანოთ სივრცის განსაზღვრული ნაწილი, მასში ჰაიზენბერგის პრინციპის თანახმად შეიძლება არსებობდნენ ვირტუალური ნაწილაკები და ასევე შესაძლებელია ნაწილაკისა და მისი ანტინაწილაკის წყვილის „დაბადება“. ეს ე.წ. რ. ფეინმანის დიაგრამის ვირტუალური მარყუჟია, რომელიც შეიძლება არსებობდეს ძალზე მცირე დროის განმავლობაში კვანტური განუზღვრელობის საზღვრებში, რათა არ დაირღვეს ენერჯის შენახვის კანონი, მაგრამ თუ ფიზიკურ ვაკუუმზე იმოქმედებს გარეგანი ველი, მაშინ შესაძლებელია რეალური ნაწილაკების წარმოშობაც. ვაკუუმთან ნაწილაკების ურთიერთქმედება განაპირობებს ნაწილაკების მასებისა და მუხტების ცვლილებებს.

$$\delta t \approx \frac{\hbar}{\delta E} \quad (2)$$

კვანტურ ელექტროდინამიკაში ფიზიკური ვაკუუმის პოლარიზაცია წარმოადგენს ვირტუალური ელექტრონულ-პოზიტრონული და ასევე მიუონ-ანტიმიუონური და ტაუ-

ონ-ანტიტაუნური წყვილების ვაკუუმიდან წარმოშობა ელექტრომაგნიტური ველის გავლენით. ვაკუუმის პოლარიზაცია იწვევს შესწორებებს კვანტური ელექტროდინამიკისა და ნეიტრალური ნაწილაკების ელექტრომაგნიტურ ველთან ურთიერთქმედების კანონების მიმართ [16].

კვანტურ ელექტროდინამიკაში ვაკუუმის პოლარიზაცია გლიუონებით განაპირობებს ფერადი მუხტის ანტიეკრანირებასა და თავისუფალი კვარკების დაუკვირვებლობას. ძალზე მცირე მანძილებზე (10^{-33} სმ, ე.წ. **პლანკის** სიგრძე), წარმოიშობა კვანტური ეფექტების კავშირი გრავიტაციულთან. ზემოთხსენებულ ვირტუალური ნაწილაკები თავის ირგვლივ ქმნიან შესამჩნევ გრავიტაციულ ველს, რომელიც ამახინჯებს სივრცის გეომეტრიას. ასეთი სხეულების მასა (პლანკისეული მასა) [2]

$$m = \sqrt{\frac{hc}{g}} \quad (3)$$

დაახლოებით ტოლია 10^{19} გევი-ს, ხოლო ტალღის სიგრძე

$$\lambda \approx \frac{h}{mc} \quad (4)$$

დაახლოებით უდრის 10^{-33} სმ და ის **პლანკის** სიგრძის სახელწოდებითაა ცნობილი. ვაკუუმის გრავიტაციული პოლარიზაციის პროცესები მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ კოსმოლოგიაში.

მეორეს მხრივ, სავსებით შესაძლებელია, რომ ასეთ მანძილებზე ტრადიციული წარმოდგენები სივრცე-დროის შესახებ მიუღებელი ხდება და ადგილს უთმობს კვანტური გრავიტაციის თეორიებს.

4. ვაკუუმის პოლარიზაციით გამოწვეული ეფექტები

გარდა **ლეშჩური** წანაცვლებისა ფიზიკურ ვაკუუმში შეიძლება მიმდინარეობდეს შემდეგ მოვლენები:

1. ანომალური მაგნიტური მომენტი;
2. დელბრიუკის გაბნევა;
3. უნრუს ეფექტი;
4. ჰოუკინგის გამოსხივება;
5. შარნჰოსტის ეფექტი;
6. კაზიმირის ეფექტი.
7. წარმოვადგინოთ ეს მოვლენები ძალზე მოკლედ.

4.1. კაზიმირის ეფექტი.

კაზიმირის ეფექტი (უფრო ზუსტად **კაზიმირ - ჰოლდერის** ეფექტი) მდგომარეობს ორი გამტარი დაუმუხტავი სხეულის ურთიერთმიზიდვაში. ვაკუუმში კვანტური ელექტროსაშუალებების ზემოქმედების დროს ყველაზე ხშირად ლაპარაკია ორ პარალელურ დაუმუხტავ სარკულ ზედაპირზე, რომლებიც ერთმანეთთან ახლო მანძილზე არიან მოთავსებული. მაგრამ **კაზიმირის** ეფექტი არსებობს უფრო რთული გეომეტრიის დროსაც.

ოპტიკურად ანიზოტროპული სხეულისათვის ასევე შესაძლებელია **კაზიმირის** გრეხვითი მომენტის შექმნა, რომელიც დამოკიდებულია ამ სხეულთა მთავარი ოპტიკური დერ-

ძეგის ურთიერთორიენტაციაზე [17].

კაზიმირის ფექტის მიზეზს წარმოადგენს ფიზიკურ ვაკუუმის ენერგეტიკული რხევები მასში ე.წ. ვირტუალური ნაწილაკების მუდმივი წარმოქმნისა და გაქრობის გამო. ის 1948 წელს იწინასწარმეტყველა ჰოლანდიელმა ფიზიკოსმა **ჰენდრიკ კაზიმირმა** და 1957 წელს დადასტურდა ექსპერიმენტულად. გავრცევით მის ფიზიკურ არსში.

ველის კვანტური თეორიის თანახმად, ფიზიკური ვაკუუმი არ წარმოადგენს აბსოლუტურ სივრცეებს. მასში მუდმივად იბადება და ქრება ვირტუალურ ნაწილაკთა და ანტინაწილაკთა წყვილები, ე.ი მიმდინარეობს მუდმივი ფლუქტუაციები, რომლებიც ამ ნაწილაკთა ველებთანაა დაკავშირებული. კერძოდ, მიმდინარეობს ფოტონებთან დაკავშირებული ელექტრომაგნიტური ველების რხევები (ფლუქტუაცია), რომლებიც ამ ნაწილაკთა ველებთანაა დაკავშირებული. ვაკუუმში იბადებიან და ქრებიან ვირტუალური ფოტონები, რომლებიც შეესაბამებიან ელექტრომაგნიტური სპექტრის ყველა ტალღის სიგრძეს.

ვაკუუმში ისეთი მაკროსკოპული სხეულების შესატანად, რომელთაც არ გააჩნიათ მუხტი, უნდა შესრულდეს განსაზღვრული სამუშაო, რომელიც მოითხოვება ვაკუუმური ფლუქტუაციების ველისათვის სასაზღვრო პირობების შესაცვლელად. ამ სამუშაოს მოდული ვაკუუმის ნოლოვანი რხევების ენერჯიათა სხვაობის ტოლია სხეულების არსებობისა და არაარსებობის დროს [18].

მაგალითად, სოვრცეში ახლოს განლაგებულ სარკეულ ზედაპირებს შორის სასაზღვრო პირობები ფლუქტუაციის ველისათვის ვაკუუმთან შედარებით უსხეულებოდ იცვლებიან შემდეგნაირად. განსაზღვრულ რეზონანსულ სიგრძეებზე (რომლებიც ზედაპირებს შორის თავსდება მთელ, ან ნახევარ მთელ ციფრჯერ) ელექტრომაგნიტური ტალღები ძლიერდებიან. ყველა დანარჩენ სიგრძეებზე, პირიქით, ეს ტალღები იხშობიან. ე.ი. იხშობა შესაბამისი ვირტუალური ნაწილაკების (ფოტონების) წარმოქმნაც. ეს ხდება იმის შედეგად, რომ ფირფიტებს შორის არსებულ სივრცეში შეიძლება არსებობდნენ მხოლოდ მდგარი ტალღები, რომელთა ამპლიტუდები ნულის ტოლია. ვირტუალური ფოტონების წნევა შიგნიდან საბოლოოდ ორივე ზედაპირზე აღმოჩნდება უფრო მცირე, ვიდრე მათზე გარედან წარმოებული წნევა, სადაც ფოტონთა წარმოშობა არაფრითაა შეზღუდული. რაც ახლოსაა ერთმანეთთან ზედაპირები, მით უფრო ნაკლები სიგრძის ტალღები აღმოჩნდება მათ შორის რეზონანსში და მეტი აღმოჩნდება ჩანაშობილი. ვაკუუმის ასეთ მდგომარეობას ლიტერატურაში ზოგჯერ **კაზიმირის ვაკუუმსაც** უწოდებენ. ამის შემდეგ ზედაპირებს შორის იზრდება მიზიდულობის ძალა.

4.2. კაზიმირის ძალის სიდიდე

მიზიდულობის ძალა, რომელიც მოქმედებს ერთეულოვან ფართზე $\frac{F_G}{A}$ ვაკუუმში მოთავსებული ორი პარალელური იდეალური სარკული ზედაპირისათვის [19]-ის თანახმად შეადგენს:

$$\frac{F_G}{A} = \frac{hc\pi^2}{240d^4} \quad (5)$$

სადაც h -დაყვანილი პლანკის მუდმივაა, C - სინათლის სიჩქარეა ვაკუუმში, d -ზედაპირებს

შორის მანძილი.

აქედან ჩანს, რომ **კაზიმირის** ძალა ფრიად მცირეა. მანძილი, რომელზეც ის მოქმედებს რამდენადმე შესამჩნევად, რამდენიმე მიკრომეტრს შეადგენს, მაგრამ, მანძილის მეოთხე ხარისხის უკუპროპორციულობის გამო ის ძალიან სრაფად იზრდება უკანასკნელის შემცირებით.

უფრო რთული გეომეტრიის შემთხვევაში კოეფიციენტის რიცხვითი მნიშვნელობა და ნიშანი იცვლება, რის გამოც **კაზიმირის** ძალა შეიძლება იყოს როგორც მიზიდულობის, ისე განზიდულობის.

2011 წელს ჩალმერსის უნივერსიტეტის მეცნიერთა ჯგუფმა დაადასტურა **კაზიმირის** ეფექტი. მათ მიიღეს სარკის ანალოგი, რომელიც მაგნიტური ველის ზემოქმედებით ირხეოდა. ეს საკმარისი აღმოჩნდა ამ ეფექტის დასაკვირვებლად. მოწყობილობა ასხივებდა მიკროტალღების მქონე ფოტონების ნაკადს, თანაც მათი სიხშირე ტოლი იყო „სარკის“ რხევის სიხშირის ნახევრის, სწორედ ასეთი ეფექტი იწინასწარმეტყველა კვანტურმა მექანიკამ [20].

4.3. ჰოლენგის გამოსხივება

ახლა განვიხილოთ ინგლისელი ასტროფიზიკოსისა და ფიზიკოსის **სტეფან ჰოლენგის** აღმოჩენა, რომელიც ამტკიცებს, რომ შავმა ორმომ კვანტური პროცესების შემდეგ შეიძლება გამოსხივოს სითბური ტალღები, რომელიც თავის მხრივ ამცირებს ორმოს ზედაპირის ფართობს [2].

ჯერ განვიხილოთ თვით **ს. ჰოლენგის** მიერ წარმოდგენილი ამ პროცესის ახსნა. ეს ეფექტი არაბრუნვადი შავი ორმოების შემთხვევისათვისაც კი დაკავშირებულია ისეთი ზონების არსებობასთან, რომლებშიც არსებობს უარყოფითი ენერჯის მქონე ორბიტები. მაგრამ, ბრუნვადი შავი ორმოებისაგან განსხვავებით, ეს ზონები მოთავსებულია მისი ჰორიზონტის შიგნით. ამ ჰორიზონტის გარეთ ადგილი აქვს ისეთ კვანტურ ფლუქტუაციებს, რომელთა შედეგადაც წარმოიქმნება ვირტუალურ ნაწილაკთა წყვილები. შესაძლოა, რომ ამ ნაწილაკთაგან ერთ-ერთი იმყოფება უარყოფითი ენერჯის ისეთ მდგომარეობაში, რომელიც კლასიკურ ფიზიკაში აკრძალულია. მაგრამ გვირახის კვანტური ეფექტის მეშვეობით დაკავშირებულია უარყოფითი ენერჯის ნებადართულ მდგომარეობებთან ჰორიზონტის შიგნით. თუკი ადგილი აქვს გვირახის ეფექტს, მაშინ ჰორიზონტის შიგნით იარსებებს უარყოფითი ენერჯის მქონე ნაწილაკები და აქედან გამომდინარე, შემცირდება მისი ჰორიზონტის ზედაპირის ფართობი. მეორე ნაწილაკს ექნება დადებითი ენერჯია და შეიძლება დატოვოს ჰორიზონტის ზონა. თუ ადგილი არა აქვს გვირახის ეფექტს, მაშინ ვირტუალური წყვილი უბრალოდ განიცდის რეკომბინაციას.

გვირახის ეფექტის ალბათობა უნდა განისაზღვროს შავი ორმოსკენ მიმართული ზედაპირული გრავიტაციით. ასეთი სახით განსაზღვრულ ალბათობას მივყავართ ნაწილაკთა გამოსხივების ენერჯის და სხეულის თბური გამოსხივების სპექტრების თანხვედრებთან.

ჰოლენგის თბური გამოსხივების ეფექტი ისევე მისაღებია ე.წ. „მუდმივი“ შავი ორმოების შემთხვევაში, როგორც გრავიტაციული კოლაპსის შედეგად წარმოქმნილი ორმოების დროს. მას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს კვანტური მექანიკის, ფიზიკური ვაკუუმისა და ფარდობითობის ზოგადი თეორიის კანონების ურთიერთშეთანხმების დროს. ის ასევე

მნიშვნელოვანია ასტროფიზიკისა და კოსმოლოგიისათვის. თვით ს. ჰოუკინგმა უკვე შემოგვთავაზა მისი დამატებითი ორი შესაძლებლობა, რომელთაგან პირველი ეფუძნება მას, რომ დროის მახასიათებელი t მასშტაბი, რომლის განმავლობაშიც M მასის შავი ორმო თბური გამოსხივების სახით კარგავს თავისი მასის ნახევარს, გამოსახება ფორმულით [21]:

$$\tau \approx 10^{10} \left(\frac{Mg}{10^{15}g} \right)^3 \text{ წელს} \quad (6)$$

ჰოუკინგის მიერ შემოთავაზებული მეორე შესაძლებლობა ეხება ნაკლებ მასიურ შავ ორმოებს, რომლებსაც შეეძლო სამყაროს განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე წარმოშობა და აფეთქება. მან ივარაუდა, რომ დაშლის შედეგად წარმოქმნილ გამოსხივებას შეეძლო დღეისათვის რეგისტრირებული $\sim 2,7^{\circ}\text{C}$ გრადუსიანი ფონური რელიქტიური გამოსხივების წარმოშობა.

4.4. ანომალური მაგნიტური მომენტი წარმოადგენს ელემენტარული ნაწილაკის მაგნიტური მომენტის სიდიდის გადახრას ნაწილაკის მოძრაობის კვანტურ მექანიკური განტოლებებით ნაწინასწარმეტყველები მნიშვნელობისაგან. კვანტურ ელექტროდინამიკაში ელექტრონისა და მიუონის ანომალური მაგნიტური მომენტი გამოითვლება რადიაციული შესწორებების მეთოდით, ხოლო კვანტურ ქრომოდინამიკაში მაგნიტური მომენტები ძლიერად მოქმედი ნაწილაკებისათვის გამოითვლება ოპერატორული გაშლის მეთოდით [22].

4.5. დელბრიუკის გაბნევა

დელბრიუკის გაბნევა - ფოტონთა გაბნევა ძლიერი ელექტრომაგნიტური ველის (მაგალითად, კულონური ველი ატომბირთვში) ვირტუალურ ფოტონებზე. ეს კვანტური ელექტროდინამიკის პირველი ნაწინასწარმეტყველები არაწრფივი ეფექტი [23], კომპტონის ეფექტისაგან განსხვავებით არ ცვლის ფოტონის ენერგიას იმ ათვლის სისტემაში, რომელშიც ველის ვექტორული პოტენციალი გაბნევის წერტილში ნულის ტოლია. **დელბრიუკის გაბნევა** შეიძლება მიმდინარეობდეს როგორც ფოტონის სპინის შენახვით, ისე მისი ინვერსიით.

4.6. შარნჰორსტის ეფექტი წარმოადგენს ჰიპოთეზურ ცდას, რომელშიც სინათლის სიგნალს შეუძლია იმოდროს ორ ერთმანეთთან განლაგებულ ფირფიტას შორის, სინათლის სიჩქარეზე უფრო სწრაფად. ეს მოვლენა ნაწინასწარმეტყველები იყო **კლაუს შარნჰორსტისა და გაბრიელ ბარტონის** მიერ. **შარნჰორსტმა** ეფექტი მიიღო კვანტური ელექტროდინამიკის მათემატიკური გაანალიზების შედეგად [24].

4.7. უნრუს ეფექტი, ანუ უნრუს გამოსხივება - ველის კვანტური თეორიის მიერ ნაწინასწარმეტყველები ათვლის აჩქარებულ სისტემაში სითბური გამოსხივების დაკვირვების ეფექტია, როცა ეს გამოსხივება არ არსებობს ათვლის ინერციულ სისტემაში. სხვა სიტყვებით, აჩქარებული დამკვირვებელი თავის ირგვლივ შეამჩნევს გამოსხივების ფონს, მაშინ როცა აუჩქარებელი დამკვირვებელი ვერაფერს ხედავს. ძირითადი კვანტური მდგომარეობა (ფიზიკური ვაკუუმი) ათვლის ინერციულ სისტემაში გვეჩვენება არანულოვანი ტემპერატურის მქონედ.

ეს ეფექტი პირველად ნაწინასწარმეტყველები იქნა 1976 წელს ბრიტანეთის კოლუმბიის უნივერსიტეტში უ. უნრუს მიერ [25].

5. ფიზიკური ვაკუუმის არსის ახალი წარმოდგენები

თანამედროვე ფიზიკურ თეორიებში წარმოდგენილია ტენდენცია სამგანზომილებიანი ობიექტიდან - ნაწილაკებიდან - ნაკლები განზომილებების მქონე ახალი ტიპის ობიექტებზე გადასვლის შესახებ. მაგალითად, გრავიტაციულ კოსმოლოგიაში სუპერსიმების განზომილება ნაკლებია სივრცე - დროის განზომილებაზე [2, 12]. ითვლება, რომ ნაკლები განზომილების ფიზიკურ ობიექტებს უფრო მეტი საფუძველი გააჩნიათ პრეტენზია გააჩნდეთ ფუნდამენტურ სტატუსზე.

ამ თვალსაზრისით ნამდვილ გადატრიალებად ითვლება ვ.ჟვირბლისის თეორია [26]. ის თანხმდება რომ ფიზიკური ვაკუუმი უწყვეტი მატერიალური გარემოა, ე.წ. „პიანოს ძაფის“ ანალოგიურად, რომელიც წარმოადგენს პირობითად კვადრატებად დაყოფილ უსასრულოდ მკვრივად ავსებულ ორგანზომილებიან სივრცეს. ავტორი გვთავაზობს ფიზიკური ვაკუუმის თავისებურ მოდელს - „ჟვირბლისის ძაფი“, რომელიც უსასრულოდ მჭიდროდ ავსებს პირობითად ტეტრაედრებად დაყოფილ სამგანზომილებიან სივრცეს. ეს უდიდესი გარღვევაა ფიზიკური ვაკუუმის არსის გარკვევაში. ჟვირბლისი ფიზიკური ვაკუუმის მოდელის სახით განიხილავს ერთგანზომილებიან მათემატიკურ ობიექტსაც. სხვა მოდელებისაგან განსხვავებით ამ მოდელში დისკრეტულობას ყველაზე მცირე ადგილი უკავია, ხოლო ზღვარში ვგულისხმობთ, რომ სივრცის ზემკვრივი ავსების დროს გარემო (ვაკუუმი) უწყვეტი ობიექტური რეალობაა.

მასთან დაკავშირებით, რომ ფიზიკური ვაკუუმი პრეტენზიას აცხადებს ფუნდამენტურ სტატუსზე და თვით მატერიის ონტოლოგიურ ბაზისზე, მას უნდა გააჩნდეს მაქსიმალური განზოგადოება და არ უნდა ჰქონდეს მრავალი ობიექტისა და მოვლენისათვის დამახასიათებელი კერძო ნიშნები. ცნობილია, რომ ობიექტისათვის რაიმე დამატებითი ნიშან-თვისებების მინიჭება აქვეითებს ამ ობიექტის უნივერსალობას. მაგალითად, საწერი კალამი - უნივერსალური ცნებაა. მისთვის რაიმე ნიშნის დამატება ავიწროებს ამ ცნებებით მოცული ობიექტების წრეს (რკინისა და ხის კალამი, პასტის კალამი, ავტოკალამი და სხვა). ამრიგად, მივდივართ იმ დასკვნამდე, რომ პრეტენზია ონტოლოგიურ სტატუსზე შეიძლება ჰქონდეს მხოლოდ ისეთ არსს, რომელიც მოკლებულია რაიმე ნიშან-თვისებებს, ზომებს, სტრუქტურასა და სხვა, რომლის მოდელირებაც შეუძლებელია, რამდენადაც ნებისმიერი მოდელი ითვალისწინებს დისკრეტული ობიექტების გამოყენებასა და ნიშან-თვისებებითა და ზომებით აღწერას. ფუნდამენტურ სტატუსზე პრეტენზიის მქონე ფიზიკური არსი, არ უნდა იყოს რაიმესაგან შედგენილი, რამდენადაც შედგენილ არსს გააჩნია მეორადი სტატუსი მისი შემდგენლის მიმართ.

ამრიგად რაღაც არსისათვის ფუნდამენტურობისა და პირველადობის მოთხოვნის შესრულებას თან უნდა ახლდეს შემდეგი პირობები [27]:

1. არ უნდა იყოს შედგენილი;
2. უნდა ჰქონდეს ნიშან-თვისებებისა და მახასიათებლების უმცირესი რაოდენობა;
3. უნდა გააჩნდეს უდიდესი განზოგადოება ობიექტებისა და მოვლენების ყველა ნაირ-

გვარობისათვის;

- უნდა იყოს პოტენციურად ყველაფერი და აქტიურად არაფერი;
- არ უნდა ჰქონდეს რაიმე სახის ზომები.

არ იყოს შედგენილი ნიშნავს, რომ თავისთავში არაფერს შეიცავს, გარდა თვით თავის-თავისა. ნიშან-თვისებებისა და მახასიათებლების უმცირეს რაოდენობასთან დაკავშირებით იდეალურია მოთხოვნა - სავსებით არ ჰქონდეს ისინი. ობიექტებისა და მოვლენების მთელი ნაირგვარობისათვის გააჩნდეს მაქსიმალური ზოგადობა ნიშნავს არ ჰქონდეს კერძო ობიექტების ნიშნები, რამდენადაც ნებისმიერი დაკონკრეტება ავიწროებს ზოგადს. იყოს პოტენციურად ყველაფერი და აქტიურად არაფერი ნიშნავს იყოს უხილავი, მაგრამ ამასთანავე შეინარჩუნოს ფიზიკური ობიექტის სტატუსი. არ გააჩნდეს რაიმე ზომიერი, ეს ნიშნავს იყოს ნულოვან განზომილებიანი.

ჩამოვლილ ხუთ მოვლენას ვერ აკმაყოფილებს ნივთიერი სამყაროს არც ერთი დისკრეტული და ველის არც ერთი კვანტური ობიექტი. ამიტომ, ფიზიკური ვაკუუმი, თუ მას ჩავთვლით მატერიის ყველაზე ფუნდამენტურ მდგომარეობად, უნდა იყოს უწყვეტი (კონტინუალური). გარდა ამისა, მათემატიკის მიღწევებისა და კერძოდ, კანტორის კონტინუუმ-ჰიპოთეზის ფიზიკურ არსში გადატანით, მივდივართ ფიზიკური ვაკუუმის მრავლობითი სტრუქტურის წარუმატებლობამდე. ეს ნიშნავს, რომ ფიზიკური ვაკუუმი შეუძლებელია გავაიგივოთ ეთერთან, დაკვანტულ ობიექტთან, ან ის ჩავთვალოთ რაიმე დისკრეტული ნაწილაკებისაგან შედგენილად, მაშინაც კი თუ ეს ნაწილაკები ვირტუალურია. ფიზიკური ვაკუუმი უნდა განვიხილოთ როგორც ნივთიერების ანტიპოდი. ამრიგად, ნივთიერებებსა და ფიზიკურ ვაკუუმს ჩვენ ვიხილავთ როგორც დიალექტიკურ წინააღმდეგობრიობას. ერთიანი სამყარო წარმოდგენილია ნივთიერებასა და ფიზიკურ ვაკუუმთან ერთად. ამ არსებობისადმი ასეთი მიდგომა შეესაბამება **ნ. ბორის** დამატებითობის პრინციპს. სწორედ დამატებითობის ასეთ დამოკიდებულებაში უნდა განვიხილოთ ნივთიერება და ფიზიკური ვაკუუმი.

ასეთი სახის უხილავ ფიზიკურ ობიექტებს, რომელსაც არ გააჩნია სტრუქტურა, ფიზიკა ჯერ არ შეხვედრია. ფიზიკოსებს მოუწია ასეთი ბარიერის გადალახვა და უწყვეტობის თვისებების მქონე ახალი ფიზიკური რეალობის - ფიზიკური ვაკუუმის არსებობის აღიარება. უწყვეტობის თვისებით შემოსილი ფიზიკური ვაკუუმი აფართოებს ცნობილ ფიზიკურ ობიექტთა კლასს. მიუხედავად იმისა, რომ ფიზიკური ვაკუუმი წარმოადგენს ასეთ პარადოქსულ ობიექტს, ის სულ უფრო მეტად ხდება ფიზიკის შესწავლის საგანი. ამავდროულად, მისი უწყვეტობის გამო მოდელურ წარმოდგენებზე დაფუძნებული ტრადიციული მიდგომა ფიზიკური ვაკუუმისადმი არ გამოდგება. ამიტომ მეცნიერებას მოუწევს მისი შესწავლის პრინციპულად ახალი მეთოდების შემუშავება. ასეთი არსის ბუნების შესწავლა საშუალებას მოგვცემს ახლებურად შევხედოთ ასტროფიზიკისა და ელემენტარული ნაწილაკების ფიზიკის მრავალ მოვლენას. მთელი ხილული სამყარო და ფარული მატერია იმყოფება უხილავ, კონტინიალურ ფიზიკურ ვაკუუმში [6]. ის გენეტიკურად წინ უსწრებს ფიზიკურ ველებსა და ნივთიერებას, ამიტომ ისინი მისგან წარმოიშვებიან. ე.ი. მთელი სამყარო არსებობს ფიზიკური ვაკუუმის კანონებით, რომლებიც სრულყოფილად

ჯერაც უცნობია.

ფიზიკური ვაკუუმის ბუნების შეცნობასთან დაკავშირებული პრობლემების ჯაჭვში არსებობს მნიშვნელოვანი გასაღები რგოლი, რომელიც მისი ენტროპიის შეფასებას ეკუთვნის. ფიზიკურ ვაკუუმს უნდა გააჩნდეს ყველაზე დიდი ენტროპია ყველა ცნობილ ფიზიკურ ობიექტსა და სისტემას შორის.

ამიტომ ზემოთ წარმოდგენილი პირველადობისა და ფუნდამენტურობის ხუთი კრიტერიუმი მასზე მიუთითებს, რომ ასეთ მოთხოვნებს უნდა აკმაყოფილებდეს მაქსიმალურ ენტროპიის ობიექტი. ჩვენი აზრით, ფიზიკური გადასვლა - ვაკუუმი - ნივთიერება მიეკუთვნება თვითორგანიზაციის პროცესებს.

ისე როგორც **ბოლცმანისა** და **ჰიბსის** თეორემები გახდნენ თერმოდინამიკაში ძირითადი ინსტრუმენტები, ფიზიკური ვაკუუმისათვის უნდა ვეძებოთ თავისი ინსტრუმენტი თვითორგანიზაციის პროცესზე **ბოლცმანის** თეორემის განზოგადოების საფუძველზე. ასეთი გარღვევითი მიდგომა უკვე იკვეთება. ფიზიკური ვაკუუმის შესწავლისათვის მისაღებ ასეთ პრინციპულად ახალ მიდგომას აყალიბებს **ი. კლიმონტოვიჩის** მიერ დადგენილი ენტროპიის შემცირების კანონი [28].

იქედან გამომდინარე, რომ ფიზიკური გადასვლა - ვაკუუმი - ნივთიერება უნდა მიეკუთვნოს თვითორგანიზაციის პროცესს, ისმება ამოცანა **ბოლცმანის** თეორემის განზოგადოების საფუძველზე ფიზიკური ვაკუუმის კვლევის ახალი ინსტრუმენტის მოძებნის შესახებ. რამდენადაც ფიზიკურ ვაკუუმს გააჩნია მაქსიმალური ენტროპია, ყველა ცნობილ ფიზიკურ ობიექტსა და სისტემას შორის, ამიტომ ამ საკითხის კონტექსტში აუცილებელია ენტროპიის კვლევის დამადასტურებელი კანონის მოძებნა.

თერმოდინამიკაში ძირითადი კანონია ენტროპიის ზრდის კანონი, რომელიც ჩამოყალიბებული იყო **ბოლცმანის** მიერ იდეალური აირის მაგალითზე და მას **ბოლცმანის H** - თეორემასაც უწოდებენ. **ი. კლიმონტოვიჩმა** დაამტკიცა, რომ თვითორგანიზაციის პროცესისათვის მოქმედებს სხვანაირი კანონი - ე.წ. **ენტროპიის** შემცირების კანონი. **ბოლცმანის H** -თეორემის ანალოგს ღია სისტემებისათვის წარმოადგენს **კლიმონტოვიჩის S** -თეორემა [28], რომლის არსი შემდეგში მდგომარეობს: „თუ ქაოსურობის საწყისად მივიღებთ წონასწორულ მდგომარეობას, რომელიც პასუხობს მართვადი პარამეტრების ნულოვან მნიშვნელობებს, მაშინ ამ მდგომარეობიდან დაშორებისას შესაბამისი პარამეტრების ცვლილების შედეგად საშუალო ენერჯიის მოცემული მნიშვნელობის შესაბამისი ენტროპია მცირდება“ [29].

ჩვენი საუკუნის დასაწყისში გამოჩნდა ინფორმაციები ენტროპიის კვლევის კანონის შესახებ. ავსტრალიის ეროვნული უნივერსიტეტის მეცნიერებმა ექსპერიმენტულად აღმოაჩინეს, რომ მიკრონული ზომების ნაწილაკების ტრაექტორიის მცირე დროებში აშკარად დაიკვირვებოდა ენტროპიის კლება [30]. ეს ექსპერიმენტი და ამ საუკუნის დასაწყისში ჩატარებული სხვა ცდები ადასტურებენ **ი. კლიმონტოვიჩის** მიერ ღია სისტემებისათვის დადგენილ ენტროპიის კვლევის კანონს.

6. ფიზიკური ვაკუუმის ენერგეტიკული ფენომენი

ნობელის პრემიის ლაურეატ **რ. ფინმანისა** და **ჯ. უილერის** გამოთვლების მიხედვით

ფიზიკური ვაკუუმის ენერგეტიკული პოტენციალი იმდენად დიდია, რომ ჩვეულებრივი ელექტრული ნათურის მოცულობაში მოთავსებული ვაკუუმის ენერგია იკმარებდა მსოფლიო ოკეანის ასადულებლად. მაგრამ ჯერჯერობით ენერგიის ნივთიერებიდან მიღების ტრადიციული სქემა არამარტო დომინირებდა, არამედ ერთადერთად ითვლება. გარემოში ძველებურად იგულისხმება ნივთიერება, რომელიც ძალზე ცოტაა და გვავიწყდება ფიზიკური ვაკუუმი, რომელიც ბევრია და მასში ნივთიერება „ცურავს“. სახელდობრ, ასეთმა მოძველებულმა მიდგომამ იქამდე მიგვიყვანა, რომ კაცობრიობა, რომელიც უხვ ენერგიაში უნდა „ბანაობდეს“ ენერგეტიკულ „შიმშილს“ განიცდის [31].

ახალ ვაკუუმურ მიდგომაში იქედან გამოდიან, რომ გარსმომცველი გარემო სივრცე - ფიზიკური ვაკუუმია და წარმოადგენს ენერგოგარდაქმნის სისტემის განუყოფელ ნაწილს. ამ შემთხვევაში ვაკუუმური ენერგიის მიღების შესაძლებლობა ექვემდებარება ფიზიკურ ახსნას ყოველგვარი ბუნებრივი კანონებიდან გადახრის გარეშე. იკვეთება ენერგეტიკული დანადგარების შექმნის გზები, რომელთაც გააჩნია ჭარბი ენერგობალანსი და მათ მიერ გამოქვეყნებული ენერგია აღემატება კვების პირველადი წყაროს მიერ დახარჯულს. ასეთი ენერგობალანსის მქონე დანადგარებს შეუძლია გვიჩვენოს გზები ბუნებაში დაგროვილი უზარმაზარი ენერგიისაკენ.

დღეისათვის კაცობრიობა მწვავედ საჭიროებს არსებული ენერგეტიკული ტექნოლოგიების შეცვლას ახალი, სუფთა ეკოლოგიურით, რომლებიც უზრუნველყოფენ ბიოსფეროს შენარჩუნებას. ეს უპირველეს ყოვლისა შეეხება ქვანახშირის, ნავთობის, აირის, ურანის ბუნებრივი მარაგების წვაზე დამყარებულ ენერგეტიკას. აქედან მიღებული ენერგიის დონე დაბალია და ენერგომომარაგების პრობლემა კრიზისული რჩება. გარდა ამისა, სასარგებლო წიაღისეულის მარაგი თანდათან იწურება და სანდო შეფასებების თანახმად დარჩენილი ბუნებრივი სათბობის მარაგი კაცობრიობას კიდევ 100 წელს ეყოფა.

ატომურ ენერგეტიკას, გარდა ექსპლუატაციური ხასიათის საშიშროებისა, გააჩნია ბირთვული ნარჩენების ჩაფვლისა და უტილიზაციის გადაუწყვეტელი პრობლემები. სულ უფრო შორეული ხდება იმედები მართული თერმობირთვული სინთეზის პროგრამის წარმატებით რეალიზაციის შესახებ. მისმა გადაჭრის ვადამ უკვე რამდენჯერ გადაიწია და მეცნიერება 2050 წლამდე ჯერ-ჯერობით გამოსავალს ამ კუთხით ვერ ხედავს.

მზის ენერგიის ელექტრულში გადამუშავება იგეგმება გიგანტური კოსმოსური ელექტროსადგურების შექმნის გზით. დედამიწაზე ენერგიის ტრანსპორტირება შესაძლებელია მიკროტალღურ დიაპაზონში. ამ ამოცანის შესრულების გზაზე ვხვდებით გადამცემი და მიმღები ზემადალსიხშირული დიაპაზონის სისტემების პრობლემებს, რომლებიც თავისთავად საშიშია დედამიწის ბიოსფეროსათვის და თვით კოსმოსური ელექტროსადგურებისათვის.

ბიოსფეროსათვის უვნებელი ეკოლოგიურად სუფთა ენერგიისა და მისი მიღების ხერხების უზრუნველყოფა, მიუხედავად ამ მიმართულებით დახარჯული უზარმაზარი სახსრებისა, კაცობრიობამ ჯერ-ჯერობით მაინც ვერ შეძლო. ამის მიზეზი კი ისაა, რომ კვლევები მიმდინარეობს ტრადიციული მიმართულებებით, რომლებიც არსებული წარმოდგენების ჩარჩოებში მიგვიყვანს მხოლოდ ამჟამინდელი მიდგომების მცირე „კოსმეტიკურ“

სრულყოფამდე და არ შეუძლია საბოლოო მიზნის მიღწევა. შეზღუდული რაოდენობის ენერგორესურსები სვამს ენერჯის მიღების სრულიად ახალი მეთოდების ძებნის ამოცანებს. თუ გავანალიზებთ ენერჯის მიღების ყველაზე გავრცელებულ მეთოდებს, მაშინ შევამჩნევთ გარკვეულ კანონზომიერებას, რომლის არსი შემდეგში მდგომარეობს. ენერგეტიკული გარდაქმნების მთელ ჯაჭვში საბოლოო პროდუქტს წარმოადგენს ნივთიერება, თანაც ის, როგორც წესი უფრო საშიშია ბიოსფეროსათვის, ვიდრე საწყისი ენერგომატარებლები. ეს პირველყოვლისა შეეხება ბუნებრივი სათბობის წვაზე დაფუძნებულ ენერგეტიკას, ატომურ ენერგეტიკასა და თერმობირთვულ სინთეზს. კაცობრიობა უკვე მიეჩვია იმ აზრს, რომ ენერჯის მისაღებად საჭიროა ვიმოქმედოთ ნივთიერებაზე და საბოლოო სტადიაში ასევე მივიღოთ ნივთიერება. უფრო მეტიც, ასეთი გზა თითქოს ერთადერთი შესაძლებლობაა. მაგრამ ასეა ეს?

ამოცანა მასში მდგომარეობს, რომ ვიპოვოთ ტრადიციული სქემისაგან - „ნივთიერება დასაწყისში - ნივთიერება საბოლოოდ“ - თავისუფალი ენერჯის მიღების სრულიად ახალი მეთოდები. მიუხედავად, ასეთი პარადოქსული ფორმულირებისა, პრობლემის გადაწყვეტა არსებობს და ის ზემონახსენები ფიზიკური ვაკუუმია, რომელსაც გააჩნია უზარმაზარი ენერჯია და ის მათემატიკურად ასე გამოისახება [32]:

$$W = \frac{\hbar}{2} \sum_K \omega_K \quad (7)$$

სადაც $\omega_K = KC$ არის სინათლის სიჩქარის და ტალღური ვექტორის ნამრავლი, \hbar -დაყვანილი პლანკის მუდმივა.

ამიტომ დღეისათვის ენერჯის მიღების ახალი ხერხების ძებნის მიმართულებამ ფიზიკური ვაკუუმის ზონაში გადაინაცვლა და მისი ინტენსიობა უკანასკნელ წლებში მკვეთრად იზრდება.

სრულიად რეალურ გახდა პრინციპულად ახალი გენერატორების შექმნა, რომლებიც გამოიყენებს გარემოში არსებული ფიზიკური (შესაძლოა ტექნიკურიც) ვაკუუმის ენერჯიას და მას გარდაქმნის ენერჯის მოხერხებულ ფორმად. არსებობს ამის სერიოზული ექსპერიმენტული მტკიცებულებებიც. დღეისათვის დაგროვდა დიდი რაოდენობის ექსპერიმენტული ფაქტი, რომლებიც ადასტურებს ენერჯის ისეთი დონეების მიღებას, რომლებიც აღემატებიან პირვანდელი წყაროს მიერ დახარჯული ენერჯის რაოდენობას. როგორც წესი, მსგავსი მოვლენები გამოვლინდებიან ფიზიკურ ვაკუუმთან დაკავშირებულ კვლევებში, რომლებიც ინტენსიურად ტარდება გერმანიაში, აშშ-ი, რუსეთში, იაპონიაში, შვეიცარიაში, საქართველოში და სხვაგან. გენერატორის გამოსავალზე ხდებოდა ჭარბი ენერჯის გამოვლინება, რომელიც აღემატებოდა კვების წყაროდან მოხმარებულ ენერჯიას. ე.ი., როგორც მას ხშირად უწოდებენ, ენერჯის „არაფრისაგან“ მიღების ფაქტი მრავალ ექსპერიმენტშია დაფიქსირებული. საუბარი სრულიადაც არაა მუდმივ ძრავაზე - ე.წ. „პერპეტუალ მობილეზე“, რამდენადაც ყველა ფაქტორების, მათ შორის ვაკუუმის ენერჯის გათვალისწინება და კორექტული გამოთვლები არ ადასტურებენ თერმოდინამიკის კანონების რღვევას. მიღებული ენერჯის სიდიდეში თავისი წვლილი შეაქვს ფიზიკურ ვაკუუმს, რაც განაპირობებს ჭარბ ენერგობალანსს [33].

ამერიკელმა მეცნიერმა **ჯ. გრიგსმა** (ჯორჯიის შტატი, კარტესვილი) გამოიგონა მოწყობილობა - „ჰიდროსენსური ტუმბო“, რომელიც გამიზნული იყო წყლის გასაცხელებლად და ორთქლის მისაღებად [34]. ასეთ ტუმბოზე ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა არაერთხელ გამოავლინეს ჭარბი თბური ენერჯის დიდი რაოდენობა, რომლის „მოგება“ 168% შეადგინა. **გრიგსმა** თავის დროზე ვერ ახსნა ამ ფენომენის არსი.

1959 წ. საბჭოთა კავშირის მეცნიერებათა აკადემიის მეტალურგიის ინსტიტუტში ჩატარდა ექსპერიმენტების სერია ნახევარგამტარული თერმოელემენტების გამოყენებით, რომლებშიც ჭარბი ენერჯები დაფიქსირდა. ის დაიკვირვებოდა მაშინაც, როცა განხორციელდა თერმოზატარეის გარემოსაგან სრული იზოლაცია [35].

შვეიცარიაში შექმნილია კონვერტერი, რომელიც წარმოადგენს ელექტროსტატიკური ძრავისა და მანქანის კომბინაციას. მისი წონა 20 კგ-ია. კონვერტერი დისკების ბრუნვით გამოიმუშავებს ელექტროენერჯიას, რომელიც მნიშვნელოვნად აღემატება მის ამუშავებაზე დახარჯულს და ჯამში შეადგენს 3 კვატს [36].

ი. ბაუროვის შრომებში წარმოდგენილია ამძრავი გენერატორები, რომლებშიც გამოყენებულია ფიზიკური ვაკუუმის ენერჯია. ექსპერიმენტულადაა გამოკვლეული თეორიულად ნაწინასწარმეტყველები ურთიერთქმედება და მისი შესაბამისი ძალები. ავტორის აზრით [37] მატერიალური სხეულების მოძრაობისა და ფიზიკური ვაკუუმის ხარჯზე მნიშვნელოვნად ძლიერდება ეს ახალი ურთიერთქმედება. დემონსტრაციულ მოდელებში გაკონტროლებულია გამოსავალი სიმძლავრე, ის შეადგენს 50 ვატს და წარმოიქმნება ფიზიკური ვაკუუმისაგან.

კ. შოულდერსის მიერ დაპატენტებულ მოწყობილობაში ვაკუუმური ენერჯია იტუმბება იმპულსური განმუხტვის გაიშვიათებული მილიდან. დატვირთვა მიერთებულია მილის გარეთა მხარეს მოთავსებულ ხვიაზე, მოწყობილობაში იქმნება მაღალი სიმკვრივის იმპულსური განმუხტვის დენი, რომლის დროსაც ელექტროდებს შორის წარმოიშობა პლაზმური წარმონაქმნი - ტოროიდული ფორმის ელექტრონული შესქელება. მისი კათოდის ანოდისაკენ მოძრაობისას წარმოიშობა დამატებითი დენი, რომლის ენერჯია 30-ჯერ აღემატება განმუხტვაზე დახარჯულ ენერჯიას [39].

წარმოდგენილი და სხვა ენერგეტიკული ფენომენების (მათი დეტალურად ჩამოთვლა შორს წაგვიყვანს) ახსნა არსებული ფიზიკური შეხედულებების პოზიციიდან წარმატებული აღმოჩნდა. ამჟამად მიმდინარეობს ჭარბ ენერჯიაზე პასუხისმგებელი მექანიზმების ძებნის აქტიური პროცესი, ფიზიკური ვაკუუმის თეორიის ჩათვლით. სახეზეა ისეთი სიტუაცია, როცა ექსპერიმენტული შედეგები უჩვენებს, რომ კაცობრიობა მიადგა ენერჯის მიღების უახლესი ხერხების პრაქტიკული რეალიზაციის პროცესს, რომელიც წარმოუდგენელი იყო რამდენიმე ათეული წლის წინ. ჭარბი ენერჯის მიღების ახალი მეთოდების მონოპოლიის დასაუფლებლად მისწრაფვიან აშშ-ის, გერმანიის, რუსეთის, საფრანგეთის, შვეიცარიის, იაპონიის, საქართველოსა [39] და სხვა ქვეყნების მკვლევარები.

ერთ-ერთი ასეთი დანადგარი დამზადებულია გერმანელი მეცნიერის **მარკუს რეიდის** მიერ, რომელიც შექმნილია თვითდამტენი ბატარეის ბაზაზე და უკვე რამდენიმე ათეული წელია ქუთაისის ტექნოლოგიურ აკადემიაში ფუნქციონირებს ამ აკადემიის რექტორის, სა-

ქართველოს ეკოლოგიურ მეცნიერებათა აკადემიის ვიცე-პრეზიდენტისა და მისი ნამდვილი წევრის, პროფესორ **ამირან აფციაურის** მკაცრი მეთვალყურეობის ქვეშ [39]. ეს ხდება მაშინ, როცა თვით სკოლის კურსიდან ცნობილია, რომ საერთოდ მარგი ქმედების კოეფიციენტი ნაკლებია 100%-ზე. მაგრამ უნდა გვახსოვდეს, რომ თუ დანადგარი „ლია“, ე.ი. შეუძლია გარემოსთან ენერგეტიკული მიმოცვლა, მაშინ ეს წესი არ მოქმედებს. ასეთი „გამოსავლის“ ხარჯზე მისი მკვ პრინციპში შეიძლება მილიონ პროცენტსაც აღწევდეს, მაგრამ ამ შემთხვევაში დაისმება კანონიერი კითხვა: საიდან მოდის ეს ჭარბი გარეგანი ენერგია, რა არის მისი წყარო? სამწუხაროდ ასეთი კვლევები ჯერ-ჯერობით ძალზე ცოტაა ჩატარებული. სამწუხაროა ეს ფაქტი, რადგანაც არსებობს სერიოზული საფუძველი ვიფიქროთ, რომ მოწყობილობებში, რომელთა მკვ 100%-ზე მაღალია, ენერგია მოდის ფიზიკური ვაკუუმიდან იმის ხარჯზე, რომ მასში ადგილი აქვს განსაკუთრებულ „კვანტურ გრიგალებს“. ამ ამდელვებელი პრობლემის თეორიული გამოკვლევები საშუალებას იძლევა ვივარაუდოთ, რომ ფიზიკური ვაკუუმი თავის თავში მოიცავს ენერგიის უსასრულოდ დიდ რაოდენობას. ასეთი თეორიული სამუშაოები და პრაქტიკული ცდები წარმოადგენს **აინშტაინის** გამოკვლევების შემდგომ განვითარებას. ისე როგორც აინშტაინმა განავითარა **ნიუტონის** ფიზიკა, თითქმის 40 წლის წინათ ამერიკელმა ფიზიკოსებმა, **აინშტაინის** მოსწავლემ **დ. უილერმა** შეასრულა მთელი რიგი გამოთვლები, რომლებმაც უჩვენა, რომ ფიზიკური ვაკუუმის ფლუქტუაციის ენერგია 10^{95} გ/სმ³ სიმკვრივის ექვივალენტურია, მაშინ როცა ატმომბირთვის სიმკვრივე შეადგენს $\sim 10^{10}$ გ/სმ³. ამ სიდიდეთა თანაფარდობა ადასტურებს ფიზიკური ვაკუუმისა და თერმობირთვული წყაროების ენერგოტევადობების უზარმაზარ სხვაობას [40].

7. ფიზიკური ვაკუუმიდან ჭარბი ენერგიის მიღების კვლევების მიმართულებები

უკანასკნელ წლებში ჭარბი ენერგიის მოწყობილობების შექმნისა და ამ ენერგიის განმაპირობებელი ფიზიკური მექანიზმების გამოვლენის სამუშაოებში ჩაერთო თითქმის ყველა ქვეყნის მოწინავე მეცნიერი. გამალებული ბრძოლა ახალი ენერგიის მიღების საიდუმლოების ხელში ჩასაგდებად უკვე დაწყებულია, რაც გარკვეულწილად **გრისისა** და **შოულდერის მიერ** მიღებულმა პატენტებმა განაპირობა. დღეისათვის ჭარბი ენერგიის მიღების სამუშაოები მიმდინარეობს რამდენიმე მიმართულებით: თბური ენერგია; ელექტროენერგია; მექანიკური ენერგია.

ვაკუუმური ენერგიის პრობლემებისადმი დიდ ინტერესს იჩენს ამერიკის კოსმოსური სააგენტო (NASA), რომელიც ჭრის ისეთ პრობლემებს, რომლებიც რამდენიმე წლის წინათ შეიძლება ფანტასტიკურად მოგვჩვენებოდა. 1997 წელს ჩატარდა NASA -ს სამუშაო ჯგუფის სხდომა, რომელზეც განიხილება კოსმოსურ კვლევებში და ახალი ძრავების შექმნაში აუცილებელი ხერხები და მეთოდები, რომლებიც არ მოითხოვდნენ საბორტო საწვავის ხანგრძლივი ფრენებისათვის საჭირო მარაგებს. განიხილებოდა ენერგიისა და მათ შორის ვაკუუმურის მიღების ახალი მეთოდები, რომლებსაც შეეძლო მეცნიერული გარღვევის უზრუნველყოფა, ახალ პრინციპებზე მომუშავე ეპოქალური ძრავების შექმნაში.

ენერგიის ახალი სახეების ძებნის კვლევების ინტენსიობა იზრდება რუსეთშიც. პუბლიკაციების ზრდის მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ ამ პრობლემისადმი სამეცნიერო

ინტერესების მკვეთრი აქტივიზაციის შესახებ. სამუშაოები ეხება ვაკუუმური პრობლემის როგორც თეორიული ასპექტების, ისე პრაქტიკული გამოყენების სფეროებს. ვაკუუმური ენერგია გამოვლენილია მექანიკური ენერჯის ფორმით. ამ მიზნებისათვის დიდი იმედები მყარდება ე.წ. ტორსულ ველებზე [42]. ამერიკაში, გერმანიაში, იაპონიაში და სხვა ქვეყნებში იკვლევენ როგორც ვაკუუმური ენერჯის თეორიულ პრობლემებს, ისე მისი პრაქტიკული გამოყენების საკითხებს. ვაკუუმური პრობლემებისადმი მიძღვნილი პუბლიკაციების რაოდენობას მკვეთრი ზრდის ტენდენცია აქვს [43-50]. ზოგიერთ მკვლევარი ეფუძნება კაზიმირის ეფექტს, რომლის არსი მდგომარეობს ფიზიკური ვაკუუმის ფლუქტუაციის ხარჯზე ძალის გამოვლენაში, რომლის დროსაც დაიკვირვება ვაკუუმის ელექტროგამტარ ფირფიტებთან ურთიერთქმედება. ამ ეფექტის გამოყენებით ენერჯის მიღების ხერხები ითვალისწინებს წნევის ელექტრობაში გარდაქმნას, რომელიც ხორციელდება ფირფიტებზე ვაკუუმური სტრუქტურების მეშვეობით [51].

აქტიურად მიმდინარეობს გამოკვლევები, რომლებიც დაფუძნებულია ვაკუუმის ნულოვანი რხევების იდეაზე. ფიზიკურ ვაკუუმში აღმოჩენილია ელექტრომაგნიტური ველები, რომლებიც მასში არსებობენ აბსოლუტური ნულის მახლობლობაშიც. გამოთვლები გვიჩვენებს, რომ მათი ენერგია ძალზე დიდია. ესაა ე.წ. ვაკუუმის ნულოვანი გამოსხივება. ენერჯის მიღების მიზნით ვაკუუმის ნულოვანი რხევების გამოყენების იდეას მიყვავართ ძირითადი ხერხების არსებობამდე, რომელთა მეშვეობითაც ვაკუუმს შეუძლია გამონათავისუფლოს თავისთავში არსებული კოლოსალური ენერგია.

მსოფლიოში მიმდინარეობს ყველა ამჟამად დამუშავებული ტექნოლოგიური გადწყვეტილებების აქტიური პატენტირება, რომლებიც დაკავშირებულია ვაკუუმური ენერჯის მიღების ახალ მეთოდებთან [52, 53]. ამ კვლევებში ვაკუუმი გათვალისწინებულია, როგორც ბუნებრივი მატერიალური გარემო, რომლებზე ზემოქმედებითაც შეიძლება უზარმაზარი ენერჯის მიღება. ამის შედეგად ჩნდება შესაძლებლობა ენერგეტიკული გარდაქმნების საბოლოო ეტაპზე ეკოლოგიურად საშიში ნივთიერების ნაცვლად მივიღოთ ბუნებრივი მატერიალური გარემო-ვაკუუმი. ამ დროს წყდება არა მარტო ენერჯის მიღების ამოცანა, არამედ ენერჯის მიღების თვით პროცესის ეკოლოგიური სისუფთავის პრობლემა.

ლიტერატურა

1. Hoyle H. Nature of the Universe. //Oxford, 1950
2. ადგიშვილი თ. ასტროფიზიკის საფუძვლები. //ქუთაისი, 2015
3. ადგიშვილი თ. სამყაროს ვაკუუმიდან წარმოშობის შესაძლებლობა. ს/კ/ „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“. შრომები, ტ. VII, თბილისი - თელავი, 2020.
4. Эйнштейн А. Сборник научных трудов. Т.4, М. 1967
5. Dirac P.A.M. A new basis for cosmology. Procesing of the royal socialy of London. A. 16511921, 1938.
6. ადგიშვილი თ., ბერძე მ., სანიკიძე თ. ფიზიკური ვაკუუმი - ეკოლოგიურად სუფთა ენერჯის უზარმაზარი წყარო. ს/კ. „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“. შრომები, ტ. VI, 2018
7. Наан Г.И. Физика вакуума. Научно-популярный Журнал «Познавайка». WWW. Poznawaika. org fizica.

8. Lamb J.W.E., Retherford R.C. Fine structure of Hydrogen Atom by a microwave Method. Phys. Rev., vol. 72, 1947
9. Линтон Э.А. Сверхпроводимость. Изд. «Мир», М., 1964
10. Вайнберг С. Все еще неизвестная Вселенная (пер.с англ.). Изд. «Альпина Фикин», 2020
11. Todokoto M. Study of the local Group by use of the Virial Theorem. Pub. Of the Astronomical Society of Japan. Journal, Vol. 20, 1968
12. ადეიშვილი თ., ხვედელიძე ლ., ნავერიანი თ. ასტრონომიის საფუძვლები. ნაწილი 11, ქუთაისი, 2015
13. ადეიშვილი თ. კოსმოლოგია. ქუთაისი, 2014
14. Zenesiny A. et al. Fals vacuum decay via bulle formation in ferroma gnetic supefluids Nature Physycs. 2024. P. 1-6
15. ადეიშვილი თ., კვარაცხელია ო. და სხვ. ფიზიკური ვაკუუმის არსი. ს/კ. „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“, შრომათა კრებული, ტომი VII, ბათუმი, 2022.
16. Окунь Л.Б. Физика элементарных частиц. М; Егугориал УРСС, 2005
17. Бараш Ю.С., Ганбирг И.Л. Электромагнитные флуктуации в веществе и молекулярные силы между телами. УФН, Т.116, 1975
18. Ициксон К., Зюбер Ж. Квантовая теория поля. Т.1, Москва, Мир, 1984
19. Садовский М.В. Лекции по квантовой теории поля. Москва – Ижевск, 2003
20. Wilson C. et al. Nature, №479, P. 376, 2005
21. Howking S. and Penrose R. The Nature of Space and Time. Princeton. Princeton University Pres, 1996
22. Joffe B., Smilga A.V. Nucleon Magnetic moments and properties of the vacuum in QCD. Nuclea-Physics, B 232, 1984
23. Дельбрюковское рассеяние //Физическая энциклопедия, Том 5, М., 1988
24. Scharnhorst R. The velocities of light in modified QED. Vacua Annales phys. T. 7, 1998
25. Unruh W.G. Notes on black-hole evaporation. Physical Review D. 14(4): 870-892, 1976.
26. Жвирблис В. Не мировой эфир, а физический вакуум. Http: //re-tech. Narod/fizique/teor/vacuum.htm
27. ადეიშვილი თ. და სხვ. გრავიტაციული მუდმივას ცვლილების საკითხისათვის. ს/კ „ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემები“. შრომათა კრებული, ტომი V, ქუთაისი, 2017.
28. Климонтович Ю.Л. Уменьшение эетропии в процессе самоорганизации. S тероема. Письма в ЖТФ, Т.8, 1983
29. Апшинов В.И., Климонтович Ю.Л., Сачков Ю.В. Естественные и развитие: Диалог с прошлым, настоящим, будущим. Http: //dr-gng.dp/lib-rary/хаос/pos 1. htm
30. Wang G.W. et al. Physics. Rev. Lett., V.89, 05060, 2002
31. Adeishvili T. Physics. Source of Lectures. Kutaisi, 2020
32. Физическая этциклопедия. Главный редактор Прохоров А.М., М: «Советская Энциклопедия», 1988
33. Гарбарук В.Р., Косинов Н.В. Мир стремится к вакуумной энергии. Физический вакуум и природа, №2, 1999
34. James L Griggs. Apparatus for heating fluids. US patent 5, Griggs. Apparatus for heating fluids. US patent 5,188,090,5
35. Техника молодежи. №9, 1990, стр. 36-38.
36. Niper Hans A. Revolution in Technik, Medizin, Gesellschaft. 1983
37. Бауров Ю.А. О структурое физического пространства и новом виде взаимодействия,

- Сознание и физическая реальность. Том 1, №46 1996
38. Shoulders Kenneth R. Energy Conversion Using High Charge Density. US Patent 5,018,180, 1991
 39. Анциаури А. Неравновеная термодинамика. Как использовать тепло природы. ЛАР ЛАМ ВЕРТ Academic Publilishing. Saarbruken, 2012
 40. Косинов Н.В. Эманация вещества вакуумом и законы структурогенеза. Физический вакуум и природа, «1, 1999
 41. Millis M. Challenge to Create the Soarce - Drive Journal of Propulsion and Power. № 1, 1997
 42. Косинов Н.В. Физический вакуум и природа, №4, 2000
 43. Ruthoff H.E. Alternative Energy Sources: Good News / Bad News and the 1 – watt challing International Simposium on Energy. Denver, Colorado, 1994
 44. Ruthoff H. E. Zero-Point Energy: An Introduction, Fusion Facts, 3, 1991
 45. Ruthoff H.E. The Energetic Vacuum: Implications for Energy Research And Technology. 13, 1990
 46. Ruthoff H.E. Source of Vacuum Electromagnetic zero-point Energy. Phys. Rev. A. 40, №1, 1989
 47. Ruthoff H.E. Gravity as a Zero-Point-Fluctuation Force. Phys. Rev. A99, 1989
 48. Haisch B, et al. Inertia as Zero-Point field Lorentz Force. Phys. Rev. A, 49, №2, 1994
 49. Forvard R.L. Extracting Electrical Energy from the Vacuum by cohesion charged conctuctors. Phys. Rev. B.15, 1984
 50. Milloni P.W. The Quantum Vacuum, Academic Press, San-Diego, CA, 1994
 51. Cole D.C., et al. Extracting Energy and Heat From the vacuum. Phys. Rev., E, V48, 1998
 52. Патент США №4622510
 53. Абраменко Р.Ф., Николаева В.И. Квантовая Энергетика Электронного Бозе-Конденсата в окружающей среде. М. «Химия», 1991

Vacuum Energy and Ways of its Transformation Summary

Issues of obtaining of ecological clean energy from the physical vacuum are reviewed. In these studies, the vacuum is considered as a natural material environment, which be get a huge amount of clean energy.