

პრობლემები კოსმოლოგიაში

არაერთგვაროვნების და ჰორიზონტის პრობლემა

კოსმოლოგიური პრინციპის თანახმად დიდ მასშტაბებზე სამყარო იზოტროპული და ერთგვაროვანია, ხოლო არსებული სტრუქტურები გაიზარდნენ დროსთან ერთად. მიკროტალღურ ფონურ გამოსხივებაზე დაკვირვებებმა აჩვენა, რომ წარსულში არაერთგვაროვნებები უფრო მცირე იყო, ადრეული სამყარო კი იყო გლუვი. ეს პრობლემას წარმოადგენს, რადგან დიდი აფეთქების სცენარი ადრეულ სამყაროში არაერთგვაროვნებებს წინასწარმეტყველებს.

არაერთგვაროვნების პრობლემა მჭიდროდ არის დაკავშირებული სამყაროს ჰორიზონტის პრობლემასთან. ჰორიზონტის პრობლემა გამოწვეულია რობერტსონ-უოკერის კოსმოლოგიაში ნაწილაკთა ჰორიზონტის არსებობის გამო. ნაწილაკების ჰორიზონტი ჩნდება იმის გამო, რომ დიდი აფეთქებიდან გასულია სასრული დრო და ამიტომ არსებობს სასრული მაძილი რაც შეეძლოთ ფოტონებს გაეარათ. მიკროტალღური ფონის ფოტონები წარმოიქმნენ მაშინ როცა სამყარო იყო დაახლოებით 300 000 სინათლის წლის. ასეთი ასაკის სამყაროს ჰორიზონტის ზომა დღევანდელ ცაზე დაახლოებით ერთ გრადუსს შეესაბამება. წესით ფოტონებს არ უნდა შეძლებოდათ ჰორიზონტის გარეთ თერმული წონასწორობის შექმნა. ამიტომ გაუგებარია რატომაა ამჟამად სხვადასხვა მხარიდან მომავალი მიკროტალღური ფონის ტემპერატურა ასეთი ერთგვაროვანი.

განვიხილოთ ინტერვალის ფორმულა ბრტყელ გაფართოებად სამყაროში რადიალურად მოძრავი ფოტონისთვისა

$$ds^2 = -dt^2 + a^2 dr^2 = 0.$$

აქედან შეგვიძლია ვიპოვოთ ფოტონისთვის მიმყოლი გავლილი მანძილის გამოსახულება,

$$\Delta r = \int_{t_1}^{t_2} \frac{dt}{a(t)}.$$

რეალური ფიზიკური მანძილის მისაღებად საჭიროა სიდიდე კონკრეტულ მასშტაბურ ფაქტორზე გავამრავლოთ. მატერიით დომინირების ერისთვის,

$$a = \left(\frac{t}{t_0}\right)^{2/3},$$

გვექნება

$$\Delta r = 2 \frac{\sqrt{a_2(t_2)} - \sqrt{a_1(t_1)}}{H_0},$$

სადაც

$$H_0 = H a^{3/2}.$$

მიმყოლი ჰორიზონტის ზომა არის მანძილი რომელიც გაიარა ფოტონმა დიდი აფეთქების შემდეგ იმ ეპოქისთვის შესაბამისი ჰაბლის კონსტანტით და მასშტაბური ფაქტორით:

$$r_{hor}(a_*) = 2 \frac{\sqrt{a_*}}{H_*}.$$

მიკროტალღური ფონური გამოსხივება არის კარგი მიახლოებით იზოტროპული. ჩვენ ვაკვირდებით მიკროტალღურ ფონს მასშტაბური ფაქტორისთვის

$$a_{CMB} = \frac{1}{1200}.$$

მიმყოლი მანძილი გამოსხივებასა და დედამიწაზე მყოფ დამკვირვებელს შორის არის

$$\Delta r = \frac{2}{H_0} (1 - \sqrt{a_{CMB}}) \approx \frac{2}{H_0}.$$

მიმყოლი ჰორიზონტის ზომა კი არის

$$r_{hor}(a_{CMB}) = \frac{2\sqrt{a_{CMB}}}{H_0} \approx \frac{6}{H_0} \times 10^{-2}.$$

თუ დავაკვირდებით ფონურ გამოსხივებას ორ საკმაოდ დაშორებული წერტილიდან მათი ჰორიზონტები არ იქნება გადაფარული, ამავე დროს მათი ტემპერატურა თითქმის იდენტურია.

გრავიტაციული ველის ენერგიის პრობლემა

აინშტაინის ზოგადი ფარდობითობის თეორიის ფარგლებში გარავიტაციული ველის ენერგია-იმპულსის სიმკვრივე არაა განმარტებული (გრავიტაციის კვანტი არ არსებობს), მაშინ როცა ენერგიას შევუსაბამებთ ყველა ფუნდამენტური ურთიერთქმედებას. აინშტაინის განტოლება,

$$R^{ik} - \frac{1}{2} g^{ik} R = \frac{8\pi G}{c^4} (T_{(m)}^{ik} + T_{(de)}^{ik}),$$

არ შეცავს გრავიტაციული ველის ენერგია-იმპულსის ტენზორს, აქ წარმოდგენილია მხოლოდ მატერიის და ბნელი ენერგიის ენერგია-იმპულსის ტენზორები, რომლებიც ერთმანეთთან არ ურთიერთქმედებენ. ზოგადი ფარდობითობის თეორიაში გრავიტაცია სივრცის თვისებაა და არა მატერიალური ველის და ამიტომ არ გვაქვს გრავიტაციული ძალა ან ენერგია.

სამყაროს გაფართოება

სამყაროს გაფართოებისას ადგილი არ აქვს ატომების, პლანეტების ან ვარსკვლავების ზომების ზრდას. ანუ ამ ობიექტების შიგნით მატერია არ წარმოიქმნება. გაფართოებად სამყაროში კი ხდება მატერიის დამატება არსაიდან, თითქოს განუწყვეტლივ ხდება ვაკუუმის წარმოქმნა და ირღვევა ენერგიის შენახვის კანონი.

წრფივი ჰაბლის კანონი

გაფართოებად სამყაროში არის ცალსახა კავშირი ჰაბლის წრფივ კანონსა და სამყაროს ერთგვაროვნებას შორის. თანამედროვე დაკვირვებები ადასტურებენ ძლიერ არაერთგვაროვნებებს 100 Mpc რიგის მანძილებზე, მაშინ როცა ჰაბლის წრფივი კანონი სამართლიანია 1 Mpc რიგის მანძილებიდან.

კოსმოლოგიური კონსტანტა.

ვაკუუმის ენერგიის, ანუ კოსმოლოგიური კონსტანტის სიდიდე მნიშვნელოვნად განსხვავდება თეორიისა და გაზომვების მიხედვით. განსხვავება არის 120 რიგის, თეორიის მიხედვით $10^{94} \text{ } g/cm^2$, ხოლო გაზომილი მონაცემი $10^{-29} \text{ } g/cm^2$.

დაკვირვებადი სამყარო:

ჩვენ ვვხედავთ სამყაროს ვუფრო მცირე ნაწილს იდრე თეორიულად უნდა ვუმზერდეთ (0.5%).