DE SITTER FAZOSINING GEOMETRIYASI VA UNING IMPULS FAZODAGI GIPERBOLOID MODELIDAGI KVANT MEXANIK TA'SIRLARI

Toshpulatova Dilorom Ziyodullo qizi
Shaxrisabz davlat pedagogika instituti Pedagogika fakulteti tyutori

Qabul qilindi: 29.10.2025
Ko'rib chiqildi: 30.10.2025
Tasdiqlandi: 31.10.2025
Kalit so'zlar:
De Sitter fazosi, giperboloid modeli, impuls fazo, kvant maydon, Unruh–de Sitter effekti.

Annotatsiya: Ushbu ishda de Sitter (dS) fazosining geometriyasi, uning impuls fazoda giperboloid modeli va shu fazodagi kvant mexanik effektlar o'rganiladi. Gravitatsion fon sifatida de Sitter fazosi — pozitiv egri bo'lgan to'liq giperboloid fazodir. Impuls fazoda u Minkovskiy fazosidagi giperboloid sirt bilan bog'liq bo'lib, unda kvant maydonlarning kvantlashuvi yangi effektlarni yuzaga keltiradi.

De Sitter fazosi zamonaviy kosmologiyada muhim o'rin tutadi, chunki u Katta portlashdan keyingi koinotning inflyatsion bosqichi va hozirgi tezlashgan kengayish holatini tavsiflaydi. Bu fazo Riemannian geometriyaga asoslanib, ijobiy kosmologik doimiylik ($\Lambda > 0$) bilan tavsiflanadi. Klassik umumiy nisbiylikda de Sitter fazosi yechim sifatida Eynshteyn tenglamalaridan olinadi:

$$R_{\mu\nu} - 1/2\, g_{\mu\nu}R + \Lambda g_{\mu\nu} = 0.$$

De Sitter fazosining geometriyasi

To'rt o'lchamli de Sitter fazosi Minkovskiy fazosining besh o'lchamli fazosida joylashgan giperboloid sirt sifatida aniqlanadi:

$$-X_0^2 + X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 + X_4^2 = \alpha^2,$$

bu yerda $\alpha = \sqrt{(3/\Lambda)}$ — de Sitter radiusi. Fazoning metrikasi quyidagicha yoziladi:

$$ds^2 = -dt^2 + e^{2Ht}(dx^2 + dy^2 + dz^2),$$

bu yerda $H = \sqrt{(\Lambda/3)}$ — Hubble doimiysi. Ushbu metrika koinotning eksponensial kengayishini ifodalaydi.

Impuls fazodagi giperboloid modeli

Impuls fazoda de Sitter geometriya o‘zining dual modelini hosil qiladi. Minkovskiy impuls fazosida de Sitter fazosi quyidagicha giperboloid bilan ifodalanadi:

$$-p_0^2 + p_1^2 + p_2^2 + p_3^2 = m^2c^2.$$

bu yerda m — zarrachaning massasi, c — yorug‘lik tezligi. Ushbu model kvant maydonlarning impuls bo‘shlig‘ida tarqalish qonunlarini tahlil qilishga imkon beradi. Kvant mexanik nuqtai nazardan, zarracha holatlari Hilbert fazosida de Sitter simmetriyasiga mos operatorlar orqali ifodalanadi.

Kvant mexanik ta’sirlar

De Sitter fazosida kvant maydon nazariyasi vakuum holatining barqaror emasligi bilan ajralib turadi. Bunda maydon kvantlari o‘z-o‘zidan paydo bo‘lishi (vakuum fluktuatsiyasi) va Unruh–de Sitter effekti sodir bo‘ladi. Vakuumdagi zarracha yaratish ehtimoli Gibbons–Hawking issiqlik spektri bilan tavsiflanadi:

$$T = \hbar H / (2\pi k_B),$$

bu yerda T — de Sitter nurlanish harorati, ħ — Plank doimiysi, k_B — Boltsman doimiysi. Bu natija qora tuynuklarning Hawking nurlanishiga o‘xshash bo‘lib, koinotning kvant termodinamik xususiyatlarini ifodalaydi.

De Sitter fazosi nafaqat kosmologik model sifatida, balki kvant maydonlar uchun tabiiy fon bo‘lib xizmat qiladi. Impuls fazodagi giperboloid modeli zarrachalarning energiya–impuls tarqalishini ifodalaydi va kvant effektlarni tahlil qilish imkonini beradi. Natijalar koinotdagi vakuum energiyasi, kvant fluktuatsiyalari va inflyatsion davrda modalar evolyutsiyasini tushuntirish uchun muhimdir.

ADABIYOTLAR

1. Hawking S. W., Ellis G. F. R. The Large Scale Structure of Space-Time. – Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1973.

2. Gibbons G. W., Hawking S. W. Cosmological Event Horizons, Thermodynamics, and Particle Creation // Physical Review D. – 1977. – T.15, №10. – S. 2738–2751.

3. Spradlin M., Strominger A., Volovich A. Les Houches Lectures on de Sitter Space // arXiv:hep-th/0110007.

4. Ibodov R. A. de Sitter fazosida kvant maydonlarning impuls fazodagi modellari // O‘zbekiston fizika jurnali. – 2023. – T.25, №2. – S. 41–49.

5. Birrell N. D., Davies P. C. W. Quantum Fields in Curved Space. – Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1982.