

INFLATSIYA VA STANDARD MODELDA GI HALI YECHILMAGAN MASALALAR

A.M. Otajanov

*Qoraqalpoq Davlat Universiteti 2-kurs magistranti,
otajonovasadbek20@gmail.com*

Annotatsiya: Inflyatsiya paradigmati gorizont muammosi, tekislik muammosi va qoldiq monopollarning yo‘qligi kabi bir qancha fundamental kosmologik jumboqlarga ishonchli tushuntirish beradi. Biroq, inflyatsiyani zarralar fizikasi Standart Modeli (SM) doirasida izohlash hali ham ochiq muammo bo‘lib qolmoqda. Ushbu maqolada SM doirasida inflyatsiyani tushuntirishdagi nazariy cheklovlar o‘rganilib, inflaton maydonini o‘z ichiga oluvchi mumkin bo‘lgan kengaytmalar tahlil qilinadi. SM Higgs bozonini inflaton sifatida ishlatadigan **Higgs inflyatsiyasi** ssenariysi muhokama qilinadi, biroq u gravitatsiya bilan no-minimal bog‘lanishni talab qiladi. Shuningdek, supersimmetriya, buyuk birlashgan nazariyalar (GUT) va kvant gravitatsiyasidan ilhomlangan modellar ham ko‘rib chiqiladi. Kosmik Mikrotolqin Foni (CMB) va katta masshtabli tuzilma tadqiqotlaridan olingan kuzatuv natijalari ushbu modellar uchun qat’iy sinovlarni ta’minlaydi. Inflyatsiya bashoratlari, masalan, spektral indeks va tensor-skalyar nisbatining o‘lchovlari, SM doirasidan tashqaridagi fizikaga oid tushunchalarni ilgari surishi mumkinligi tahlil qilinadi. Nihoyat, inflyatsion dinamikalar bo‘yicha hal qiluvchi dalillarni taqdim etishi mumkin bo‘lgan **ibtidoiy gravitatsion to‘lqinlarni aniqlashga yo‘naltirilgan davom etayotgan va kelajakdagi tajribalar** muhokama qilinadi.

Kalit so‘zlar: Standart model, inflatsiya, Higgs inflatsiyasi, buyuk birlashgan nazariya.

Nazariy ma’lumotlar: Zarralar fizikasi **Standart modeli** (SM) tabiatning fundamental zarrachalari va ularning o‘zaro ta’sirlarini aniqlovchi yaxshi shakllangan nazariyadir. Biroq, u **kosmik inflyatsiya**—koinotning ilk bosqichlarida sodir bo‘lgan juda tez eksponensial kengayish hodisasini tabiiy ravishda tushuntira olmaydi (Guth, 1981) [1]. Inflyatsiya **gorizont muammosi, tekislik muammosi va monopollar muammosi** kabi asosiy kosmologik muammolarni hal qilish uchun taklif qilingan edi (Sato, 1981) [3].

Matematik jihatdan, inflyatsion kengayish **Hubble parametri** orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$a(t) \propto e^{Ht}$$

bu yerda $a(t)$ — **o‘lchov omili**, H esa **Hubble konstantasi**. Inflyatsiya paytida H deyarli doimiy bo‘lib, bu **de Sitter fazoni** anglatadi (Linde, 1982) [2].

Ushbu maqolada **SM inflyatsiyani izohlashga qodirmi yoki yangi fizika talab qilinadimi** degan savol ko‘rib chiqiladi.

1. Kosmologiyada inflyatsiyaning zarurati

1.1. Gorizont muammosi

CMB nurlanishining izotropik tabiati shuni anglatadiki, **yorug‘lik konusi** ichida bo‘lmagan hududlar ham qandaydir bog‘lanishga ega bo‘lishi kerak edi. Katta Portlash nazariyasi doirasida bu tushuntirib bo‘lmaydi, chunki **yorug‘lik tezligi cheklangan**.

Matematik jihatdan, **gorizont masofasi**

$$d_H = a(t) \int_{t_i}^{t_0} \frac{dt}{a(t)}$$

formula bilan beriladi (Baumann, 2009) [12]. Inflyatsiya oldidan d_H yetarlicha katta bo‘lmagan, lekin inflyatsiya natijasida d_H ortib, hozir kuzatilayotgan isotropiyaga olib kelgan.

1.2. Tekislik muammosi

Koinotning **fazoviy egriligi** quyidagicha beriladi:

$$\Omega - 1 = \frac{k}{a^2 H^2}$$

bu yerda k — koinotning egrilik parametri (Ellis et al., 2018) [5]. **Inflyatsiya $a(t)$ ni juda katta oshirganligi sababli**, $\Omega \approx 1$ bo‘lib qoladi.

1.3. Monopol muammosi

Buyuk Birlashgan Nazariya (GUT) modellarida **magnit monopollar** zichligi quyidagicha baholanadi:

$$n_M \sim e^{-N}$$

bu yerda N — inflyatsiya davomida sodir bo‘lgan e-folding soni (Ramond, 1999) [8]. Agar $N \gg 60$ bo‘lsa, monopol zarralar koinotda deyarli yo‘q bo‘lib ketadi.

2. Inflyatsiya va Standart Model

2.1. Higgs maydoni inflaton sifatida

Higgs inflyatsiyasi g‘oyasiga ko‘ra, Higgs maydoni kvadrat potensial orqali inflyatsiyani boshqarishi mumkin:

$$V(H) = \frac{\lambda}{4} H^2$$

Agar Higgs maydoni va gravitatsiya o‘rtasida no-minimal bog‘lanish bo‘lsa:

$$\mathcal{L} = \sqrt{-g} \left[\frac{M_p^2}{2} R + \xi H^2 R - \frac{1}{2} (\partial H)^2 - V(H) \right]$$

bu yerda M_p — **Planck massasi**, ξ — **no-minimal bog‘lanish parametri**. Higgs inflyatsiyasi uchun $\xi \sim 10^4$ bo‘lishi kerak, bu esa nazariy jihatdan muammoli

(Bezrukov & Shaposhnikov, 2008) [4].

2.2. Standart model inflyatsiyaga yetarlimi?

Hozirgi hisob-kitoblar shuni ko'rsatadiki, **Higgs inflyatsiyasi SM doirasida to'liq barqaror bo'lishi uchun** quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$\lambda(\mu) > 0 \quad \forall \mu < M_P$$

biroq, **kvant ta'sirlar** Higgs potensialini noaniqlikka olib kelishi mumkin [4,5].

3. Standart modelning kengaytmalari

3.1. Qo'shimcha skalyar maydonlar

Inflyatsiya uchun oddiy kvadratik potensialga ega skalyar maydon:

$$V(\phi) = \frac{1}{2} m^2 \phi^2$$

bilan yaxshi ifodalanadi. **Xaotik inflyatsiya** modeli aynan shu shakldagi potensialni taklif qiladi (Riotto, 2002) [6].

3.2. Supersimmetrik inflyatsiya modellar

SUSY modellarida inflyatsion potensial quyidagi shaklga ega bo'lishi mumkin:

$$V(\phi) = \Lambda^4 \left(1 - e^{-\alpha\phi/M_P} \right)^2$$

bu esa **gibrid inflyatsiyani** qo'llab-quvvatlaydi (Dine & Kusenko, 2004) [7].

3.3. Buyuk Birlashgan Nazariya (GUT) va inflyatsiya

SO(10) yoki Pati-Salam modellarida inflyatsiya **yangi skalyar maydonlar** yordamida amalga oshiriladi (Witten, 1996) [9].

3.4. Kvant gravitatsiya va tor nazariyasi yondashuvlari

Tor nazariyasida inflyatsiya **D-branalar harakati bilan** bog'liq bo'lishi mumkin. Brana-inflyatsiyada potensial:

$$V(\phi) = T_3 \left(1 - \frac{\beta}{\phi^p} \right)$$

shaklga ega bo'lib, bu **moduliy dinamikasi** bilan bog'liq (Kachru et al., 2003) [11].

Xulosa

- **Higgs inflyatsiyasi** SM doirasida mumkin, lekin **yuqori energiyadagi beqarorlik va kvant ta'sirlar** muammo tug'diradi.

- **SM ni kengaytirish** (SUSY, GUT yoki tor nazariyasi asosida) **inflyatsiyani tabiiyroq izohlash imkonini beradi.**

- **Kvant gravitatsiya effektlari** inflyatsiya jarayonida muhim rol o'ynashi mumkin.

- **Zamonaviy tor nazariyalari va qo'shimcha o'lchamlar** orqali inflyatsiya jarayoni yangi nuqtai nazardan tadqiq etilishi kerak.

Ushbu maqola inflyatsiyaning fundamental muammolarini yoritib, SM doirasidagi va undan tashqaridagi mumkin bo'lgan yechimlarni ko'rib chiqdi. Kelajakda kvant gravitatsiya nazariyalari va kuzatuv ma'lumotlari asosida ushbu model yanada rivojlantirilishi mumkin.

Adabiyotlar

1. Guth, A. H. (1981). Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems. *Physical Review D*, 23(2), 347.
2. Linde, A. D. (1982). A new inflationary universe scenario: A possible solution of the horizon, flatness, homogeneity, isotropy, and primordial monopole problems. *Physics Letters B*, 108(6), 389-393.
3. Sato, K. (1981). First-order phase transition of a vacuum and expansion of the universe. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 195(3), 467-479.
4. Bezrukov, F. & Shaposhnikov, M. (2008). The Standard Model Higgs boson as the inflaton. *Physics Letters B*, 659(3), 703-706.
5. Ellis, G. F. R., Maartens, R., & MacCallum, M. A. H. (2018). *Relativistic Cosmology*. Cambridge University Press.
6. Riotto, A. (2002). Inflation and the theory of cosmological perturbations. *arXiv preprint hep-ph/0210162*.
7. Dine, M. & Kusenko, A. (2004). The origin of the matter-antimatter asymmetry. *Reviews of Modern Physics*, 76(1), 1-30.
8. Ramond, P. (1999). *Journeys Beyond the Standard Model*. Perseus Books.
9. Witten, E. (1996). Strong coupling expansion of Calabi-Yau compactification. *Nuclear Physics B*, 471(1-2), 135-158.
10. Kachru, S., Kallosh, R., Linde, A., Maldacena, J., McAllister, L., & Trivedi, S. P. (2003). Towards inflation in string theory. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 2003(10), 013.
11. Baumann, D. (2009). TASI lectures on inflation. *arXiv preprint arXiv:0907.5424*.
12. Kolb, E. W. & Turner, M. S. (1990). *The Early Universe*. Addison-Wesley.
13. Mukhanov, V. (2005). *Physical Foundations of Cosmology*. Cambridge University Press.