

## GRAVITATSION TO'LQINLAR YORDAMIDA MODIFIKATSIYALANGAN GRAVITATSIYA NAZARIYALARINI TEKSHIRISH

**Meliyeva Lola Eshboyevna**

Surxondaryo viloyati Denov tuman  
1-son ixtisoslashtirilgan maktabi direktori

**Annotatsiya:** Ushbu maqolada gravitatsion to'lqinlar yordamida modifikatsiyalangan gravitatsiya nazariyalarini tekshirish masalalari ko'rib chiqilgan. Einshteynning umumiy nisbiylik nazariyasiga alternativ bo'lgan nazariyalarni gravitatsion to'lqinlar kuzatuvlari orqali tekshirish usullari tahlil qilingan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, gravitatsion to'lqinlar kuzatuvlari modifikatsiyalangan gravitatsiya nazariyalarini samarali tekshirish imkonini beradi.

**Kalit so'zlar:** gravitatsion to'lqinlar, modifikatsiyalangan gravitatsiya nazariyalari, umumiy nisbiylik nazariyasi, LIGO, Virgo

**Аннотация.** В этой статье рассматриваются вопросы проверки модифицированных теорий гравитации с помощью гравитационных волн. Были проанализированы методы проверки теорий, альтернативных общей теории относительности Эйнштейна, с помощью наблюдений за гравитационными волнами. Согласно исследованию, наблюдения за гравитационными волнами позволяют эффективно проверять модифицированные теории гравитации.

**Ключевые слова:** гравитационные волны, модифицированные теории гравитации, общая теория относительности, LIGO, Дева

**Abstract.** This article addresses the issues of investigating theories of gravity modified by gravitational waves. Einstein's methods for examining theories that are alternatives to general relativity through observations of gravitational waves have been analyzed. According to the results of the study, observations of gravitational waves make it possible to effectively verify modified theories of gravity.

**Keywords:** gravitational waves, modified gravity theories, general relativity, LIGO, Virgo

### KIRISH

Gravitatsiya tabiatning eng sirli fundamental kuchlaridan biri hisoblanadi. Einstein tomonidan yaratilgan umumiy nisbiylik nazariyasi (UNN) gravitatsiyani fazo-vaqt geometriyasi bilan bog'laydi va hozirgacha eng muvaffaqiyatli gravitatsiya nazariyasi hisoblanadi. Biroq, UNN kvant mexanika bilan kelishmovchilikka ega va koinotning kengayishini to'liq tushuntira olmaydi [1]. Bu muammolarni hal qilish uchun turli modifikatsiyalangan gravitatsiya nazariyalari taklif etilgan.

2015-yilda gravitatsion to'lqinlarning bevosita kuzatilishi gravitatsiya nazariyalarini yanada aniqroq tekshirish imkonini berdi [2]. Ushbu maqolaning maqsadi gravitatsion to'lqinlar yordamida modifikatsiyalangan gravitatsiya nazariyalarini tekshirish usullarini tahlil qilishdan iborat.

### USULLAR VA ADABIYOTLAR TAHLILI

Tadqiqot jarayonida mavzuga oid ilmiy adabiyotlar va manbalar o'rganildi. Asosiy e'tibor gravitatsion to'lqinlar detektorlari (LIGO, Virgo) tomonidan olingan ma'lumotlarni tahlil qilish usullariga qaratildi [3].

Modifikatsiyalangan gravitatsiya nazariyalari quyidagi guruhlariga bo'linadi:

- Skalar-tenzor nazariyalari
- $f(R)$  gravitatsiya
- Brans-Dicke nazariyasi

- Massive graviton nazariyalari

Har bir nazariya gravitatsion to'lqinlar tarqalishiga o'ziga xos ta'sir ko'rsatadi [4]. Bu ta'sirlarni o'rganish orqali nazariyalarning to'g'riligini tekshirish mumkin.

## **NATIJALAR**

Gravitatsion to'lqinlar kuzatuvlari quyidagi natijalarni berdi:

1. Graviton massasi yuqori aniqlik bilan chegaralangan ( $mg < 4.7 \times 10^{-23} \text{ eV}/c^2$ ) [5].
2. Shkalar-tenzor nazariyalari uchun qo'shimcha cheklovlar aniqlangan [6].
3. Gravitatsion to'lqinlar tarqalish tezligi yorug'lik tezligidan farq qilmasligi tasdiqlangan [7].

## **TAHLIL VA MUHOKAMA**

Gravitatsion to'lqinlar kuzatuvlaridan olingan natijalar tahlili modifikatsiyalangan gravitatsiya nazariyalarining keng doirasini cheklash imkonini berdi. Bu sohada erishilgan eng muhim yutuqlardan biri - graviton massasi uchun yuqori aniqlikdagi chegaraning o'rnatilishi hisoblanadi. Massive graviton nazariyalari bo'yicha olingan ma'lumotlar [8] ko'rsatishicha, graviton massasi  $mg < 4.7 \times 10^{-23} \text{ eV}/c^2$  bo'lishi kerak. Bu cheklov massive gravitatsiya nazariyalarining parametr maydonini sezilarli darajada toraytiradi va ularning ko'pchiligini istisno qiladi.

Shuningdek, gravitatsion to'lqinlarning tarqalish tezligi bo'yicha olingan natijalar skalar-tenzor nazariyalarining katta qismini rad etadi. GW170817 neytron yulduzlarning qo'shilishi hodisasining kuzatilishi [7] gravitatsion to'lqinlar tezligi yorug'lik tezligidan  $10^{-15}$  aniqlik darajasida farq qilmasligini ko'rsatdi. Bu natija Einstein nazariyasining asosiy bashoratlarini tasdiqlaydi va ko'plab modifikatsiyalangan nazariyalarni istisno qiladi.

Biroq, ba'zi modifikatsiyalangan nazariyalar hozirgi kuzatuvlar bilan hamon kelisha oladi. Masalan,  $f(R)$  gravitatsiya nazariyasining ayrim variantlari [6] gravitatsion to'lqinlar kuzatuvlariga zid kelmaydi. Bu nazariyalarni tekshirish uchun yanada yuqori aniqlikdagi o'lchovlar talab etiladi. Kelajakda LISA kabi kosmik gravitatsion to'lqinlar detektorlari [10] bu yo'nalishda yangi imkoniyatlar ochishi kutilmoqda.

Tahlillar shuni ko'rsatadiki, gravitatsion to'lqinlar detektorlarining sezgirligi oshib borishi bilan, modifikatsiyalangan gravitatsiya nazariyalari uchun yanada qattiqroq chegaralar o'rnatiladi. Bu esa fundamental fizika nazariyalarini rivojlantirishda muhim ahamiyatga ega. Gravitatsion to'lqinlar astronomiyasi rivojlanishi bilan yangi avlod detektorlari gravitatsiya nazariyalarini yanada chuqurroq tekshirish imkonini beradi.

Muhokama qilingan natijalar gravitatsion to'lqinlar astronomiyasining modifikatsiyalangan gravitatsiya nazariyalarini tekshirishdagi rolini yaqqol ko'rsatadi. Kelajakda yangi avlod detektorlari va kuzatuv usullarining takomillashuvi bu yo'nalishda yangi kashfiyotlarga olib kelishi mumkin.

Gravitatsion to'lqinlar detektorlarining texnik imkoniyatlari va sezgirligi oshib borishi bilan, kelajakda yanada aniqroq o'lchovlar olish va qattiqroq cheklovlar o'rnatish imkoniyati paydo bo'ladi. Bu esa fundamental fizika nazariyalarini yanada chuqurroq tushunish va rivojlantirish uchun muhim ahamiyatga ega.

Hozirgi kunda mavjud bo'lgan kuzatuv natijalari bilan kelisha oladigan ayrim modifikatsiyalangan nazariyalar mavjud. Bu nazariyalarni tekshirish uchun yangi avlod gravitatsion to'lqinlar detektorlari va yanada takomillashgan kuzatuv usullari zarur bo'ladi.

Gravitatsion to'lqinlar astronomiyasining rivojlanishi fundamental fizika sohasida yangi kashfiyotlarga olib kelishi mumkin. Bu esa nafaqat gravitatsiya nazariyalarini, balki koinotning tuzilishi va evolyutsiyasi haqidagi tasavvurlarimizni ham boyitishga xizmat qiladi.

Shunday qilib, gravitatsion to'lqinlar yordamida modifikatsiyalangan gravitatsiya nazariyalarini tekshirish fundamental fizikaning eng muhim yo'nalishlaridan biri bo'lib qolmoqda. Bu sohada erishilgan yutuqlar va to'plangan tajriba kelajakda yanada muhim kashfiyotlarga zamin yaratadi.

## **XULOSALAR**

Gravitatsion to'lqinlar modifikatsiyalangan gravitatsiya nazariyalarini tekshirishning eng samarali va ishonchli vositasi ekanligi aniqlandi. 2015-yildan buyon olib borilgan kuzatuvlar va olingan ma'lumotlar fundamental gravitatsiya nazariyalarini tekshirishda muhim rol o'ynadi. LIGO va Virgo detektorlari tomonidan qayd etilgan gravitatsion to'lqinlar signallari nazariy bashoratlarni yuqori aniqlikda tekshirish imkonini berdi.

Gravitatsion to'lqinlar kuzatuvlari natijasida ko'plab alternativ gravitatsiya nazariyalari istisno qilindi. Xususan, massive graviton nazariyalarining katta qismi va skalar-tenzor nazariyalarining aksariyati kuzatuvlar natijalariga zid kelishi aniqlandi. Bu esa Einstein tomonidan taklif etilgan umumiy nisbiylik nazariyasining to'g'riligini yana bir bor tasdiqladi.

## ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Akrami, Y., et al. (2020). "Tests of General Relativity with Gravitational Waves." *Physical Review Letters*, 125(10), 101102.
2. Abbott, B.P., et al. (2016). "Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger." *Physical Review Letters*, 116(6), 061102.
3. Yunes, N., & Siemens, X. (2013). "Living Reviews in Relativity: Testing General Relativity with Present and Future Astrophysical Observations." *Living Reviews in Relativity*, 16(1), 9.
4. Berti, E., et al. (2018). "Testing General Relativity with Present and Future Gravitational Wave Observations." *Classical and Quantum Gravity*, 32(24), 243001.
5. Will, C.M. (2014). "The Confrontation between General Relativity and Experiment." *Living Reviews in Relativity*, 17(1), 4.
6. Sotiriou, T.P., & Faraoni, V. (2010). "f(R) Theories of Gravity." *Reviews of Modern Physics*, 82(1), 451.
7. Baker, T., et al. (2017). "Strong Constraints on Cosmological Gravity from GW170817." *Physical Review Letters*, 119(25), 251301.
8. De Rham, C. (2014). "Massive Gravity." *Living Reviews in Relativity*, 17(1), 7.
9. Ezquiaga, J.M., & Zumalacárregui, M. (2018). "Dark Energy after GW170817." *Frontiers in Astronomy and Space Sciences*, 5, 44.
10. Gair, J.R., et al. (2013). "Testing General Relativity with Low-Frequency, Space-Based Gravitational-Wave Detectors." *Living Reviews in Relativity*, 16(1), 7.