

QORA MATERIYA, QORA ENERGIYA VA GRAVITATSION TO‘LQINLARGA OID ZAMONAVIY QARASHLARNING NAZARIY ASOSLARI

Bahranova Umida Islomovna

*Buxoro davlat pedagogika instituti “Fizika va texnologik ta’lim” kafedrası
dotsenti, pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)*

Saidova Munisa

*Buxoro davlat pedagogika instituti “Fizika va astronomiya ta’lim” yo‘nalishi
4-bosqich talabasi*

Annotatsiya. Mazkur maqolada zamonaviy kosmologiyaning eng dolzarb muammolaridan biri hisoblangan qora materiya, qora energiya va gravitatsion to‘lqinlarning nazariy asoslari tahlil qilinadi. Koinot tarkibining katta qismini tashkil etuvchi qora materiya va qora energiyaning fizik tabiati hamda ularning olam evolyutsiyasidagi o‘rni zamonaviy kuzatuv natijalari asosida yoritilgan. Shuningdek, Albert Eynshteyn tomonidan ilgari surilgan umumiy nisbiylik nazariyasining muhim bashoratlaridan biri bo‘lgan gravitatsion to‘lqinlarning kashf etilishi va ularning astrofizik tadqiqotlardagi ahamiyati tahlil qilingan. Tadqiqot davomida Planck kosmik observatoriyasi ma’lumotlari, LIGO hamda Virgo ilmiy hamkorliklari natijalari asosida zamonaviy kosmologik modelning asosiy xususiyatlari yoritilgan. Olingan natijalar qora materiya, qora energiya va gravitatsion to‘lqinlar zamonaviy astrofizika hamda kosmologiya rivojlanishining fundamental yo‘nalishlari ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: qora materiya, qora energiya, gravitatsion to‘lqinlar, kosmologiya, Λ CDM modeli, LIGO, Planck observatoriyasi, umumiy nisbiylik nazariyasi, galaktikalar, koinot evolyutsiyasi.

Kirish

XX asrning ikkinchi yarmidan boshlab astronomiya va astrofizika fanlarida amalga oshirilgan kuzatuvlar natijasida insoniyat koinot haqidagi tasavvurlarini tubdan o‘zgartirib yuborgan yangi ilmiy dalillar qo‘lga kiritildi. Galaktikalarning aylanish tezligi, gravitatsion linzalash hodisalari, kosmik mikroto‘lqinli fon nurlanishi va uzoq supernovalarning kuzatilishi natijasida koinotning asosiy qismi

oddiy moddalardan emasligi ma'lum bo'ldi. Zamonaviy kosmologik tasavvurlarga ko'ra, koinot energiya-zichligining taxminan 5 foizi oddiy barion moddadan, 27 foizi qora materiyadan va 68 foizi qora energiyadan iborat [1].

Koinotning bunday tarkibi zamonaviy kosmologiyaning standart modeli hisoblangan Λ CDM (Lambda Cold Dark Matter) modeli orqali tushuntiriladi. Ushbu modelga ko'ra, qora materiya galaktikalar va galaktikalar to'plamlarining shakllanishida muhim rol o'ynaydi, qora energiya esa koinotning tezlanib kengayishiga sabab bo'ladi [1].

Bundan tashqari, 2015-yilda LIGO observatoriyasi tomonidan gravitatsion to'lqinlarning bevosita qayd etilishi Eynshteynning umumiy nisbiylik nazariyasini yana bir bor tasdiqladi va astronomiyada mutlaqo yangi tadqiqot yo'nalishi – gravitatsion to'lqinlar astronomiyasiga asos soldi [2]. Ushbu kashfiyot zamonaviy fizikaning eng yirik yutuqlaridan biri sifatida e'tirof etildi.

Shu sababli qora materiya, qora energiya va gravitatsion to'lqinlarning nazariy asoslarini o'rganish bugungi kunda fundamental fizika hamda kosmologiyaning eng muhim vazifalaridan biri hisoblanadi.

Qora materiyaning kelib chiqish nazariyalari va zamonaviy qarashlar

Qora materiya tushunchasi ilk bor XX asrning 30-yillarida shveysariyalik astronom Frist Zvikki tomonidan galaktikalar to'plamlarini o'rganish jarayonida ilgari surilgan. U galaktikalar harakatini tahlil qilib, kuzatilayotgan modda massasi ularning harakatini tushuntirish uchun yetarli emasligini aniqlagan. Natijada u ko'rinmaydigan qo'shimcha massa mavjud bo'lishi kerak degan xulosaga kelgan.

Keyinchalik 1970-yillarda Vera Rubin tomonidan galaktikalarning aylanish egri chiziqlari o'rganilganda ham xuddi shunday natijalar olindi. Nyuton mexanikasi qonunlariga ko'ra, galaktika markazidan uzoqlashgan sari yulduzlarning aylanish tezligi kamayishi kerak edi. Biroq kuzatuvlar yulduzlar deyarli bir xil tezlik bilan harakatlanishini ko'rsatdi. Bu esa galaktikalarni o'rab turgan ulkan ko'rinmas massa mavjudligini anglatardi.

Hozirgi paytda qora materiya elektromagnit nurlanish bilan deyarli o'zaro ta'sirlashmaydigan, biroq gravitatsion maydon hosil qiluvchi modda sifatida qaraladi. Uning mavjudligi bir qator kuzatuvlar orqali tasdiqlangan:

- galaktikalarning aylanish egri chiziqlari;
- gravitatsion linzalash hodisalari;
- galaktikalar to'plamlarining dinamikasi;



- kosmik mikroto‘lqinli fon nurlanishi;
- koinotdagi yirik masshtabli strukturalarning shakllanishi.

Planck kosmik observatoriyasi tomonidan olingan natijalarga ko‘ra, qora materiya koinot umumiy modda-energiya balansining taxminan 26–27 foizini tashkil etadi [1]. Ushbu natijalar zamonaviy kosmologiyaning eng aniq eksperimental dalillaridan biri hisoblanadi.

Qora materiyaning fizik tabiatini tushuntirish maqsadida bir nechta nazariy modellar ishlab chiqilgan. Ulardan eng mashhurlari WIMP (Weakly Interacting Massive Particles), aksionlar va steril neytrino modellaridir. WIMP zarrachalari kuchsiz o‘zaro ta’sirlashuvchi og‘ir zarrachalar sifatida qaraladi va uzoq vaqt davomida qora materiyaning asosiy nomzodi bo‘lib kelmoqda. Aksionlar esa kvant xromodinamikasidagi ayrim muammolarni hal qilish maqsadida taklif etilgan nazariy zarrachalardir.

Hozirgi kungacha qora materiyani tashkil qiluvchi zarrachalar laboratoriya sharoitida bevosita aniqlanmagan bo‘lsa-da, uning gravitatsion ta’siri yuzlab mustaqil kuzatuvlar orqali tasdiqlangan. Shu sababli zamonaviy astrofizikada qora materiyaning mavjudligi deyarli shubhasiz ilmiy fakt sifatida qabul qilinadi.

Qora materiya galaktikalar va galaktikalar to‘plamlarining shakllanishida muhim rol o‘ynaydi. Kosmologik modellashtirish natijalari ko‘rsatishicha, qora materiya bo‘lmaganda bugungi kuzatilayotgan galaktikalar va yirik kosmik strukturalar shakllanmagan bo‘lar edi. Demak, qora materiya koinot evolyutsiyasining fundamental komponentlaridan biri hisoblanadi [3].

Qora energiya va koinotning tezlanib kengayishi

XX asr oxirlariga qadar astronomlar koinotning kengayishi gravitatsiya ta’sirida sekinlashib boradi deb hisoblagan edilar. Biroq 1998-yilda Saul Perlmutter, Brian Schmidt va Adam Riess boshchiligidagi tadqiqotchilar uzoq masofadagi Ia turdagi o‘ta yangi yulduzlarni (supernovalarni) kuzatish natijasida kutilmagan xulosaga kelishdi. Kuzatuvlar koinot kengayishining sekinlashmayotganini, aksincha, tezlanib borayotganini ko‘rsatdi [4]. Ushbu kashfiyot zamonaviy kosmologiyaning eng muhim natijalaridan biri bo‘lib, 2011-yilda Nobel mukofoti bilan taqdirlandi.

Koinot kengayishining tezlanishini tushuntirish uchun olimlar “qora energiya” tushunchasini ilgari surdilar. Qora energiya koinotning barcha nuqtalarida mavjud bo‘lgan va gravitatsiyaga qarama-qarshi ta’sir ko‘rsatadigan energiya turi sifatida



qaraladi. Zamonaviy kuzatuvlarga ko‘ra, koinot umumiy energiya zichligining taxminan 68–69 foizi aynan qora energiya hissasiga to‘g‘ri keladi [1].

Qora energiyaning fizik tabiati hozirgacha to‘liq aniqlanmagan. Biroq uning mavjudligini tasdiqlovchi bir nechta mustaqil kuzatuvlar mavjud:

- uzoq supernovalar kuzatuvlari;
- kosmik mikroto‘lqinli fon nurlanishi;
- galaktikalar taqsimoti;
- baryon akustik tebranishlari;
- galaktikalar klasterlarining evolyutsiyasi.

Qora energiyaning tushuntiruvchi eng mashhur model kosmologik doimiy (Λ) modelidir. Ushbu model dastlab Albert Eynshteyn tomonidan 1917-yilda umumiy nisbiylik tenglamalariga kiritilgan. Keyinchalik Eynshteyn uni “eng katta xatom” deb atagan bo‘lsa-da, zamonaviy kosmologiyada aynan kosmologik doimiy qora energiyaning eng ehtimolli manbasi sifatida qaralmoqda [5].

Λ CDM modeliga ko‘ra, qora energiya vakuum energiyasi bilan bog‘liq bo‘lib, fazoning o‘ziga xos fizik xususiyati sifatida namoyon bo‘ladi. Biroq nazariy hisob-kitoblar va kuzatuv natijalari orasidagi ulkan tafovut qora energiya muammosini zamonaviy nazariy fizikaning eng murakkab masalalaridan biriga aylantirgan.

Ba‘zi olimlar qora energiyaning dinamik maydon sifatida talqin qiluvchi kvintessensiya modelini ham taklif qilganlar. Ushbu modelga ko‘ra, qora energiya vaqt davomida o‘zgarishi mumkin. Hozirgi kuzatuvlar esa qora energiyaning kosmologik doimiy modeliga yaqin ekanligini ko‘rsatmoqda. Shunga qaramay, uning haqiqiy tabiati hali ham noma’lum bo‘lib qolmoqda.

Qora energiyaning mavjudligi koinotning kelajakdagi evolyutsiyasini ham belgilaydi. Agar qora energiya ustunlik qilishda davom etsa, milliardlab yillar davomida galaktikalar bir-biridan tobora uzoqlashib boradi va koinot yanada sovuq hamda siyrak holatga o‘tadi. Ayrim nazariyalarga ko‘ra, bu jarayon “Katta muzlash” (Big Freeze) ssenariysiga olib kelishi mumkin.

Gravitatsion to‘lqinlar va ularning nazariy asoslari

1916-yilda Albert Eynshteyn umumiy nisbiylik nazariyasini yaratgach, fazo-vaqtning egrilanishi natijasida gravitatsion to‘lqinlar hosil bo‘lishi mumkinligini bashorat qilgan edi. Ushbu nazariyaga ko‘ra, juda katta massali jismlar tezlanish bilan harakatlanganda fazo-vaqt strukturasi to‘lqinsimon buzilishlar paydo



bo‘ladi. Ushbu buzilishlar yorug‘lik tezligida tarqaladi va gravitatsion to‘lqinlar deb ataladi [5].

Bir asr davomida gravitatsion to‘lqinlar faqat nazariy tushuncha bo‘lib qolgan edi. Chunki ularning amplitudasi nihoyatda kichik bo‘lib, mavjud texnologiyalar yordamida qayd etishning imkoni yo‘q edi. Vaziyat XXI asr boshlarida lazer interferometrik texnologiyalar rivojlanishi bilan tubdan o‘zgardi.

2015-yil 14-sentyabr kuni AQShdagi LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) detektorlari tarixda ilk marta gravitatsion to‘lqinni qayd etdi. Signal ikkita qora tuynukning birlashishi natijasida hosil bo‘lgan bo‘lib, taxminan 1,3 milliard yorug‘lik yili uzoqlikdagi hodisadan kelgan edi [2]. Ushbu natija 2016-yilda rasman e‘lon qilindi va fizika tarixidagi eng buyuk eksperimental yutuqlardan biri sifatida tan olindi.

Gravitatsion to‘lqinlarning kashf etilishi bir necha muhim ilmiy natijalarga olib keldi:

Birinchi, umumiy nisbiylik nazariyasining asosiy bashoratlaridan biri eksperimental ravishda tasdiqlandi.

Ikkinchi, astronomiyada yangi kuzatish usuli paydo bo‘ldi. Endilikda olimlar elektromagnit nurlanish orqali kuzatib bo‘lmaydigan obyektlarni ham gravitatsion to‘lqinlar yordamida o‘rganish imkoniyatiga ega bo‘ldilar.

Uchinchi, qora tuynuklar va neytron yulduzlar kabi ekstremal obyektlarning fizik xususiyatlarini aniqlash uchun yangi imkoniyatlar yaratildi.

2017-yilda LIGO va Virgo observatoriyalari tomonidan ikkita neytron yulduzning qo‘shilishi natijasida hosil bo‘lgan gravitatsion to‘lqinlar qayd etildi. Mazkur hodisa bir vaqtning o‘zida elektromagnit teleskoplar orqali ham kuzatildi. Natijada “ko‘p xabarchili astronomiya” (multi-messenger astronomy) deb nomlanuvchi yangi ilmiy yo‘nalish shakllandi.

Bugungi kunda LIGO, Virgo va KAGRA observatoriyalari gravitatsion to‘lqinlarni muntazam ravishda qayd etib bormoqda. Kelajakda ESA va NASA tomonidan ishlab chiqilayotgan LISA (Laser Interferometer Space Antenna) kosmik observatoriyasi gravitatsion to‘lqinlarni yanada yuqori aniqlikda o‘rganish imkonini beradi.

Zamonaviy kosmologik model va uning muammolari

Bugungi kunda koinot evolyutsiyasini tushuntirishda Λ CDM modeli eng muvaffaqiyatli nazariy model hisoblanadi. Ushbu model qora materiya, qora



energiya va oddiy moddalar ulushini izohlashga imkon beradi hamda kuzatuv natijalari bilan yaxshi mos keladi [1].

Biroq ushbu model hali barcha savollarga javob bera olmaydi. Jumladan:

- qora materiyani tashkil etuvchi zarrachalar hali aniqlanmagan;
- qora energiyaning fizik tabiati noma'lum;
- kosmologik doimiy muammosi hal etilmagan;
- Hubble doimiysi bo'yicha turli kuzatuvlar orasida tafovut mavjud.

Mazkur muammolar zamonaviy kosmologiya va nazariy fizikaning eng dolzarb ilmiy yo'nalishlari hisoblanadi. Shu sababli qora materiya, qora energiya va gravitatsion to'lqinlarni o'rganish bo'yicha tadqiqotlar dunyoning yetakchi ilmiy markazlarida davom ettirilmoqda.

Xulosa

Qora materiya, qora energiya va gravitatsion to'lqinlar zamonaviy kosmologiyaning eng muhim tadqiqot obyektlari hisoblanadi. Zamonaviy kuzatuv natijalari koinotning asosiy qismini oddiy modda emas, balki qora materiya va qora energiya tashkil etishini ko'rsatmoqda. Qora materiya galaktikalar hamda yirik kosmik strukturalarning shakllanishida hal qiluvchi rol o'ynasa, qora energiya koinotning tezlanib kengayishini ta'minlaydi. Gravitatsion to'lqinlarning eksperimental ravishda aniqlanishi esa umumiy nisbiylik nazariyasining to'g'riligini tasdiqlab, astronomiyaning yangi davrini boshlab berdi. Ushbu yo'nalishlardagi tadqiqotlar kelajakda koinotning kelib chiqishi, tuzilishi va evolyutsiyasi haqidagi bilimlarimizni yanada boyitishi kutilmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Planck Collaboration. *Planck 2018 Results. VI. Cosmological Parameters* // *Astronomy & Astrophysics*. – 2020. – Vol. 641. – A6.
2. Abbott B.P., Abbott R., Abbott T.D. et al. *Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger* // *Physical Review Letters*. – 2016. – Vol. 116. – No. 6. – 061102.
3. Bertone G., Hooper D. *History of Dark Matter* // *Reviews of Modern Physics*. – 2018. – Vol. 90. – No. 4. – 045002.
4. Riess A.G., Filippenko A.V., Challis P. et al. *Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant* // *The Astronomical Journal*. – 1998. – Vol. 116. – P. 1009–1038.

5. Einstein A. *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie* //
Annalen der Physik. – 1916. – Vol. 49. – P. 769–822.



Research Science and
Innovation House

