



QORA ENERGIYA: NAZARIYA, KUZATUVLAR VA KELAJAK TADQIQOTLARI

Gulirano Zayniddinova

Chirchiq davlat pedagogika universiteti 1-kurs magistranti

Annotatsiya: *Ushbu maqolada astrofizika va kosmologiya fanlarida eng katta jumboqlardan biri bo'lgan qora energiya tushunchasi haqida so'z boradi. Qora energiya nima, qora energiyaning ilmiy tarixi, asosiy nazariyalar, eksperimental kuzatuv natijalari va kelajak tadqiqotlari haqida ma'lumotlar keltirilgan.*

Kalit so'zlar: *Qora energiya, koinotning kengayishi, kosmologik doimiylik (Λ CDM modeli), kvintessensiya, modifikatsiyalangan gravitatsiya, supernova kuzatuvlar.*

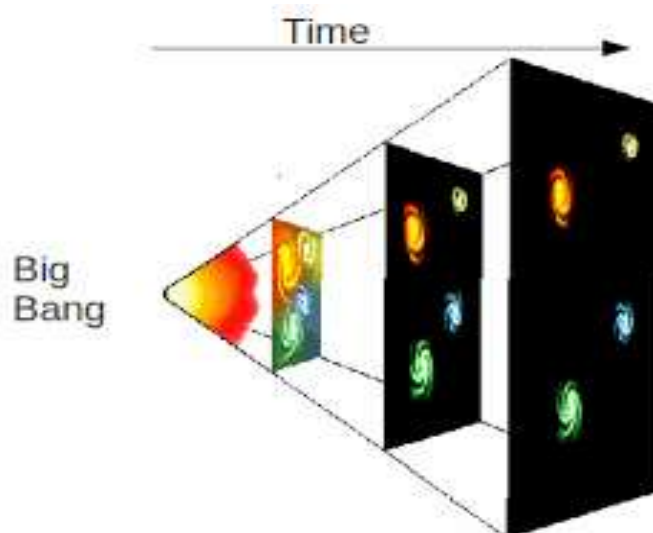
KIRISH

So'nggi yillarda astrofizika va kosmologiya fanlarida eng katta jumboqlardan biri qora energiya tushunchasi bo'lib qolmoqda. Qora energiya tushunchasi 1998-yilda mustaqil ravishda ishlagan ikkita ilmiy jamoa – Supernova Cosmology Project va High-Z Supernova Search Team tomonidan ochilgan. Ular uzoqdagi Ia turidagi supernovalar yorug'ligini o'rganib, koinotning kengayish tezligi vaqt o'tishi bilan ortayotganini aniqlashdi. Hozirgi tadqiqotlar asosida qora energiya koinotning umumiy tarkibining 68% ini tashkil etishi aniqlandi. Bu kashfiyot fiziklar orasida katta qiziqish uyg'otdi, chunki u Eynshteynning kosmologik doimiylik (Λ) haqida qayta fikr yuritish zaruratini tug'dirdi. Biroq, uning fizik mohiyati hali to'liq tushunilgan emas. Qora energiyaning mavjudligi va xususiyatlarini o'rganish zamonaviy astrofizikaning eng dolzarb yo'nalishlaridan biridir.

QORA ENERGIYANING ILMIY ASOSLANISH TARIXI

Qora energiyaning nazariy asosi Albert Eynshteyn tomonidan 1917-yilda ishlab chiqilgan kosmologik doimiylik tushunchasiga borib taqaladi. U umumiy nisbiylik tenglamalariga qo'shimcha cheklov qo'shib, koinotni statik holatda saqlashga harakat qilgan. Biroq, 1929-yilda Edvin Hubble koinotning kengayishini kashf qilgach, Eynshteyn bu g'oyadan voz kechdi.

1998-yilda Ia turdagi supernovalarni kuzatish orqali olimlar kutilmagan natijaga duch kelishdi – koinotning kengayishi tezlashayotgan edi. Bu natijalar Supernova Cosmology Project va High-Z Supernova Search Team jamoalari tomonidan olingan va keyinchalik mustaqil kuzatuvlar bilan tasdiqlangan.



1-rasm. Katta portlash nazariyasiga ko'ra koinot atom o'lchamidan boshlangan, kuchli portlashdan keyin sovib, kattaroq atom elementlarini yaratgan ASOSIY NAZARIYALAR

1. Kosmologik doimiylik (Λ) nazariyasi.

Bu nazariya qora energiyani Albert Eynshteynning kosmologik doimiyli (Λ) bilan bog'laydi. Eynshteyn dastlab gravitatsiya tenglamalariga kosmologik doimiylikni qo'shgan, keyinchalik esa bu tushunchani koinot statsionar bo'lishi uchun kiritilgan xato deb hisoblagan. Ammo zamonaviy fizika bu doimiylikni koinotning tezlashgan kengayishini tushuntirish uchun ishlatadi.

Muhim xususiyatlari:

- Koinotda bir xil taqsimlangan va o'zgarmas.
- Vakuumning kvant tebranishlari natijasida hosil bo'lishi mumkin.

2. Kvintessensiya.

Bu nazariya qora energiyani dinamik maydon (skalyar maydon) sifatida ko'rib chiqadi. Kvintessensiya vaqt o'tishi bilan o'z xususiyatlarini o'zgartirishi mumkin va u vakuum energiyasidan farqli ravishda o'zgaruvchan bosim va energiya zichligiga ega.

Muhim xususiyatlari:

- Ekvatsiya holati parametri vaqt bo'yicha o'zgaradi, bu esa modelidan farq qiladi.
- Agar bo'lsa, qorong'i energiya vaqt o'tishi bilan kamayishi yoki o'zgarishi mumkin.

3. Vakuum energiyasi va kvant maydon nazariyasi

Kvant mexanikasi bo'yicha vakuumda ham energiya mavjud bo'lishi mumkin. Bu vakuum energiyasi qora energiyaning asosiy manbai bo'lishi mumkinligi taxmin qilinadi.

4. Fantom energiya va katta yirtish (Big Rip) modeli

Agar qora energiyaning bosimi va energiya zichligi vaqt o'tishi bilan ortib borsa, kelajakda u koinotni parchalab yuborishi mumkin. Bu model "Big Rip" deb atalib, qora

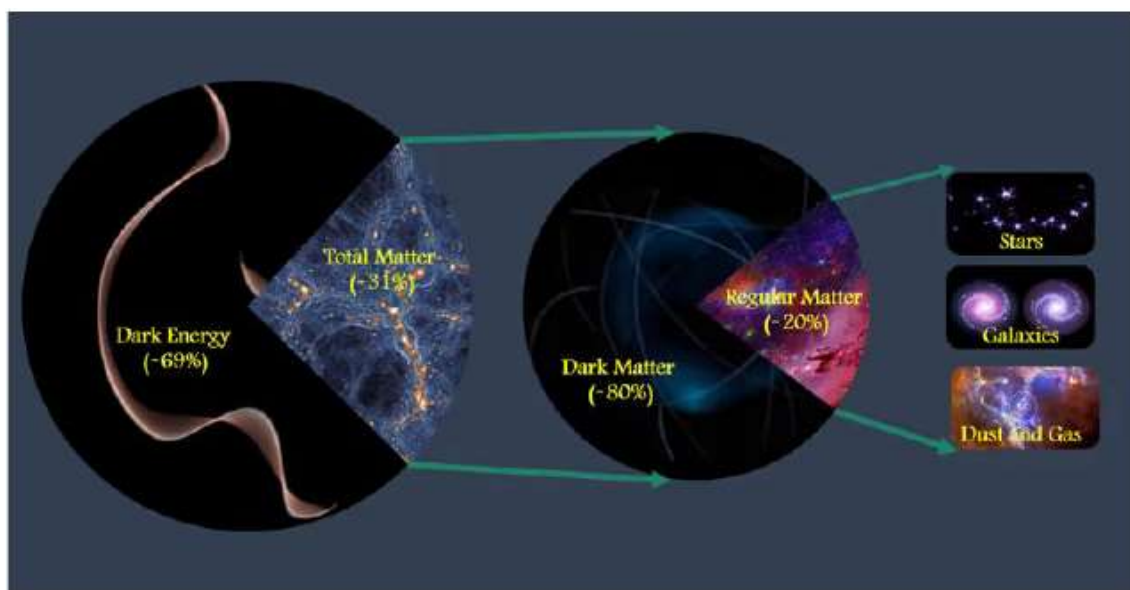


energiyaning eng radikal nazariyalaridan biri hisoblanadi. Big Rip modellariga ko'ra, Koinot ma'lum bir vaqt oralig'ida butunlay yo'q bo'lishi mumkin.

Muhim xususiyatlari:

- Kengayish shiddat bilan ortadi.
- Ma'lum vaqt ichida galaktikalar, yulduzlar, sayyoralar va hatto atomlar parchalanadi.

Ba'zi hisob-kitoblarga ko'ra, agar fantom energiya haqiqatan ham mavjud bo'lsa, Big Rip kelgusi 20–30 milliard yil ichida sodir bo'lishi mumkin. Bu g'oya nazariy bo'lsa-da, hozircha hech qanday eksperimental dalillar fantom energiyani tasdiqlamagan. Shu sababli, u faqat nazariy modellarning bir qismi hisoblanadi.



2-rasm. Qora energiya jami energiyaning 69% ni tashkil etadi.

EKSPERIMENTAL KUZATUVLAR

Qorong'i energiyaning mavjudligi va xususiyatlarini tasdiqlash uchun bir nechta muhim eksperimental kuzatuvlar o'tkazilgan. Ushbu kuzatuvlar Koinotning kengayishi tezlashayotganini ko'rsatgan va qorong'i energiyaning mavjudligiga ishora qilgan. Quyida qora energiyani eksperimental kuzatishning asosiy usullari keltirilgan:

1. Supernova Ia kuzatuvlari (1998) – Koinot kengayishining tezlashishi

Astronomlar: Saul Perlmutter, Brian Schmidt va Adam Riessler 1998-yilda uzoqdagi Ia turdagi supernovalar yorqinligini o'lchab, ularning biz kutgandan kamroq yorug' ekanligini aniqlashdi. Bu shuni ko'rsatdiki, supernovalar bizdan kutilganidan uzoqroqda joylashgan, ya'ni Koinot kengayishi tezlashmoqda.

Bu natijalar qorong'i energiya nazariyasini tasdiqladi.

2. Kosmik mikroto'lqinli fon nurlanishi (CMB) – WMAP va Planck kuzatuvlari

Asosiy tajribalar:

- WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe, 2001–2010)
- Planck Observatoriyasi (2009–2013)



Kosmik mikroto'liqlik fon nurlanishidagi mayda o'zgarishlar Koinotning tarkibini o'lchashga yordam berdi.

Natijalar:

1. Qorong'i energiya umumiy Koinot energiyasining ~68% ini tashkil qiladi.

2. Qorong'i modda ~27%, oddiy modda esa ~5% ni tashkil qiladi.

Bu kuzatuvlar CDM modelini qo'llab-quvvatlaydi.

3. Galaktikalar va galaktika to'dalari taqsimoti

Katta massali obyektlar (galaktikalar, klasterlar) taqsimoti va ularning harakati qora energiyaning tortishish kuchiga qarshi turuvchi ta'sirini o'rganish imkonini beradi. Sloan Digital Sky Survey (SDSS) loyihasi koinotning 3D xaritasini yaratib, galaktika klasterlarining dinamikasi va gravitatsion linzalar orqali yorug'likning og'ishi qora energiya mavjudligini tasdiqladi.

4. Barion akustik osillatsiyalar (BAO) – Koinotning “o'lchami”

Baryon akustik osillatsiyalar – erta Koinotdagi zichlik tebranishlari natijasida hosil bo'lgan katta tuzilmalar. Katta Portlashdan qolgan modda va nurlanishning o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'lgan akustik tebranishlar, galaktikalar taqsimotida iz qoldiradi. Ushbu izlarni o'lchash orqali koinotning kengayish tezligi va qora energiyaning ta'siri aniqlanadi.

SDSS (Sloan Digital Sky Survey) va DES (Dark Energy Survey) kabi loyihalar BAO signallarini kuzatib, qorong'i energiyaning ta'sirini aniqlashgan.

Bu usullar qora energiyaning borligini isbotlasa ham, uning tabiati hali to'liq tushunilmagan.

KELAJAK TADQIQOTLARI

Qora energiya hali to'liq tushunilmagan, shuning uchun kelajak tadqiqotlari ushbu sirli energiyaning tabiati, dinamikasi va ta'sirini chuqurroq o'rganishga qaratilgan. Quyida kelajakdagi asosiy tadqiqot yo'nalishlari keltirilgan:

1. Yangi kosmik teleskoplar va missiyalar

Euclid (ESA, 2023-2029) – galaktikalar klasterlarini va gravitatsion linzalash effektini kuzatish orqali koinot kengayishini aniq o'lchash va qorong'u energiyaning vaqt bo'yicha o'zgarishini tadqiq qilish.



3-rasm. Evklid kosmik teleskopi

Nancy Grace Roman kosmik teleskopi (NASA, 2027-yilda rejalashtirilgan) – Supernova Ia, barion akustik ossilyatsiyalar va gravitatsion linzalash orqali qorong'u energiyani tadqiq qilish

Rubin observatoriyasi (LSST, 2025-yilda ishga tushiriladi)–milliardlab galaktikalarni kuzatib, koinot kengayishining evolyutsiyasini o'rganadi.



4-rasm. LSST (Large synoptic survey telescope)

2. Kvant gravitatsiya va nazariy modellash

Qora energiya kvant maydon nazariyasi yoki string nazariyasi bilan bog'liqmi?

"Quintessence" modeli – qora energiya statik emas, vaqt o'tishi bilan o'zgaruvchan deb hisoblaydigan gipoteza.

Modifikatsiyalangan gravitatsiya nazariyalari – Eynshteynning umumiy nisbiylik nazariyasidan farqli ravishda, tortishish kuchi qora energiyaga qanday ta'sir qilishi mumkinligi o'rganiladi.

3. Katta miqyosli kuzatuv loyihalari



Barion akustik tebranishlari (BAO) – galaktikalar taqsimotini tahlil qilish orqali qora energiyaning kengayish tezligiga ta'sirini aniqlash.

Supernova Legacy Survey (SNLS) – minglab Ia turdagi supernovalarni kuzatib, koinotning tezlashgan kengayishini aniqlash.

DESI (Dark Energy Spectroscopic Instrument, 2020-yildan boshlab faoliyat yuritmoqda) – 35 million galaktikaning spektral ma'lumotlarini yig'ib, qora energiya va koinotning tarkibini tahlil qiladi.

4. Gravitatsion to'liqlar va qora energiya

LISA (Laser Interferometer Space Antenna, 2035-yilda rejalashtirilgan) – gravitatsion to'liqlarni o'lchash orqali qora energiyaning koinotga ta'sirini aniqlash.



**5-rasm. LISA (Laser Interferometer Space Antenna)
(Lazerli interferometr kosmik antenna)**

Pulsar Timing Arrays – neytron yulduzlar pulslarini o'lchash orqali koinotning energiya tarkibi haqida yangi ma'lumotlar olish.

5. Yer usti teleskoplari va radioastronomiya

Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI, 2020–2030) – bu AQSh Milliy Fanlar Jamg'armasi (NSF) va AQSh energetika departamenti tomonidan moliyalashtirilgan xalqaro loyiha. U galaktikalar spektrini o'lchash orqali Koinot kengayish tezligini tadqiq qiladi.



6-rasm. DESI (Dark energy spectroscopic instrument)

Square Kilometer Array (SKA, 2030-yillarda) – kuchli radioteleskop tarmog'idan iborat bo'lib, qorong'u energiya, qorong'u modda va galaktikalar evolyutsiyasi kabi fundamental ilmiy savollarni o'rganishga mo'ljallangan.

Ilmiy maqsadlari:

1. Qorong'i energiya va Koinot kengayishi

SKA galaktikalarining taqsimotini aniq o'lchab, Koinotning kengayish sur'atini tushunishga yordam beradi.

2. Qorong'i modda va gravitatsion linzalar

SKA galaktikalar va kvazarlarning radio signallarini kuzatib, qorong'i moddaning ta'sirini tadqiq qiladi.

Gravitatsion linzalar orqali qorong'i moddaning qanday taqsimlanganini tushunish mumkin.

3. Galaktika va kvazarlarning radio nurlanishi

SKA yorqin radiogalaktikalar va kvazarlarni kuzatib, ularning energiya chiqarish mexanizmlarini tushuntirishga yordam beradi.

Qora energiyaning tabiati hali ham katta sir bo'lib qolmoqda, lekin bu tadqiqotlar uning qanday ishlashini tushunishga yaqinlashtirishi mumkin.

XULOSA

Qora energiya zamonaviy kosmologiyaing eng muhim jumboqlaridan biri bo'lib qolmoqda. Hozirgi kuzatuvlar natijasida uning mavjudligi tasdiqlangan bo'lsa-da, uning fizik tabiati hali noma'lum. Kelajakdagi ilmiy tadqiqotlar yordamida biz qora energiyaning mohiyatini yanada chuqurroq anglashimiz va koinotning rivojlanishiga ta'sirini aniqlashimiz mumkin.



ADABIYOTLAR:

1. X.J.Morison. (2005). "Astrofizika va zamonaviy kosmologiya"
2. J.B.Zeldovich va I. D. Novikov. (1997). "Koinot tuzilishi va evolyutsiyasi"
3. V. Ginzburg. (2003). "Kosmologiya va fundamental fizika"

[NASA Science \(.gov\) https://science.nasa.gov](https://science.nasa.gov)

5. [Dark Energy Spectroscopic Instrument \(DESI\) \(.gov\) https://www.desi.lbl.gov](https://www.desi.lbl.gov)

6. [Rubin Observatory https://www.lsst.org](https://www.lsst.org)

7. [Nasa LISA \(.gov\) https://lisa.nasa.gov](https://lisa.nasa.gov)

8. [European Space Agency https://www.esa.int](https://www.esa.int) > Planck