



**THE HIDDEN UNIVERSE: DARK MATTER, DARK ENERGY
AND THE MISSING 95%: A COMPARATIVE ANALYSIS BASED ON
OBSERVATIONAL DATA**

Yusufjanova Mukhtaram Musayvena 1

**Lecturer of Physics and Astronomy, Academic Lyceum, Namangan State
University**

**Kenjayev Muhiddin, Deputy Director for Academic Affairs, Academic
Lyceum, Namangan State University**

ABSTRACT

Relevance: One of the most fundamental challenges of modern cosmology is that approximately 95% of the Universe consists of undetectable, invisible components — dark matter (~27%) and dark energy (~68%). Ordinary baryonic matter accounts for only ~5%. This phenomenon represents the greatest unsolved problem of modern physics and provides the essential foundation for understanding the formation, structure, and future of the Universe.

Objective: Based on data from WMAP, Planck, and other major cosmological missions, to systematize the observed properties of dark matter and dark energy; to conduct a comparative analysis of detection methods and existing theoretical models; and to present an overall picture of the composition of the Universe.

Materials and Methods: Data from the Planck satellite (2015, 2018), WMAP mission (2012), Hubble Space Telescope observations, Type Ia supernova studies, gravitational lensing maps, and major particle accelerators (LHC, XENON, LUX-ZEPLIN) were comparatively analyzed. Seven key scientific papers published between 2016 and 2024, along with WMAP/Planck cosmological parameter datasets, served as the primary basis.

Results: According to Planck 2018, the energy-mass composition of the Universe is: baryonic matter 4.9%, dark matter 26.8%, dark energy 68.3%. Gravitational lensing



studies show dark matter in galaxy clusters is 5 times more abundant than ordinary matter. Supernova observations confirm the accelerating expansion of the Universe, providing the strongest direct evidence for dark energy. Direct detection experiments (LUX-ZEPLIN, XENON nT) have not yet identified a WIMP candidate. Antonov's (2016) hidden multiverse hypothesis proposes ~20 parallel universes consistent with Planck data.

Conclusion: The existence of dark matter and dark energy is firmly established through gravitational and cosmological observations; however, their microphysical nature remains unknown. Next-generation instruments (Euclid, Vera C. Rubin Observatory, CMB-S4) are expected to play a decisive role in resolving this mystery.

Keywords: *dark matter; dark energy; WIMP; axions; cosmological constant; gravitational lensing; Planck; supernova; hidden multiverse; cosmic expansion.*

ANNOTATSIYA

Dolzarbliigi: Zamonaviy kosmologiyaning eng fundamental muammolaridan biri — koinotning taxminan 95% o'lchab bo'lmaydigan, ko'zga ko'rinmaydigan tarkibiy qismlardan — qorong'u materiya (~27%) va qorong'u energiya (~68%) dan iborat ekanligi hisoblanadi. Odatdagi baryon modda faqat ~5% ni tashkil etadi. Bu hodisa zamonaviy fizikaning eng katta hal etilmagan muammosi bo'lib, koinotning shakllanishi, tuzilishi va kelajagini tushunish uchun zarur asos yaratadi.

Maqsad: WMAP, Planck va boshqa yirik kosmologik missiyalar tomonidan olingan ma'lumotlar asosida qorong'u materiya va qorong'u energiyaning kuzatilgan xossalari tizimlashtirish; ularni aniqlash usullari va mavjud nazariy modellarni qiyosiy tahlil qilish hamda koinot tarkibining umumiy suratini ko'rsatish.

Materiallar va Metodlar: Planck sun'iy yo'ldoshi (2015, 2018), WMAP missiyasi (2012), Hubble kosmik teleskopi kuzatuvlari, Ia turi supernova tadqiqotlari, gravitatsional linzalanish kartografiyasi va zarrachalar fizikasi bo'yicha yirik akseleratorlar (LHC, XENON, LUX-ZEPLIN) ma'lumotlari qiyosiy tahlil qilindi. 2016–2024-yillar oralig'idagi 7 ta asosiy ilmiy maqola hamda WMAP/Planck kosmologik parametrlar to'plamlari asos sifatida ishlatildi.



Natijalar: Planck 2018 ma'lumotlariga ko'ra koinotning enerji-massa tarkibi: baryon modda 4.9%, qorong'u materiya 26.8%, qorong'u energiya 68.3%. Gravitatsion linzalanish tadqiqotlari qorong'u materiyaning galaktikalar to'plamida 5 marta ko'proq ekanini ko'rsatadi. Supernova kuzatuvlari koinot kengayishi tezlashayotganini tasdiqlab, qorong'u energiya borligi uchun eng kuchli bevosita dalil bo'lib xizmat qilmoqda. To'g'ridan-to'g'ri aniqlash eksperimentlari (LUX-ZEPLIN, XENON nT) WIMP nomzodini hali aniqlashga muvaffaq bo'lmagan. Antonov (2016) gipotezasiga ko'ra, yashirin ko'p koinot ~20 ta parallel koinotdan tashkil topib, Planck ma'lumotlari bilan mos keladi.

Xulosa: Qorong'u materiya va qorong'u energiyaning mavjudligi gravitatsion va kosmologik kuzatuvlar orqali mustahkam dalillangan, biroq ularning mikrofizikaviy tabiati hali noma'lum. Keyingi avlod instrumentlari (Euclid, Vera C. Rubin Observatory, CMB-S4) bu sirni yechishda hal qiluvchi rol o'ynashi kutilmoqda.

Kalit so'zlar: qorong'u materiya; qorong'u energiya; WIMP; aksonlar; kosmologik doimiy; gravitatsional linzalanish; Planck; supernova; yashirin ko'p koinot; koinot kengayishi.

АННОТАЦИЯ

Актуальность: Одной из наиболее фундаментальных проблем современной космологии является тот факт, что около 95% состава Вселенной приходится на тёмную материю (~27%) и тёмную энергию (~68%) — компоненты, недоступные для непосредственного наблюдения. Обычная барионная материя составляет лишь ~5%. Данная проблема представляет собой важнейшую нерешённую задачу современной физики и является необходимой основой для понимания формирования, структуры и будущего Вселенной.

Цель: На основе данных, полученных миссиями WMAP, Planck и другими крупными космологическими проектами, систематизировать наблюдаемые свойства тёмной материи и тёмной энергии; провести сравнительный анализ методов их обнаружения и существующих теоретических моделей, а также представить общую картину состава Вселенной.



Материалы и методы: Был проведён сравнительный анализ данных спутника Planck (2015, 2018), миссии WMAP (2012), наблюдений космического телескопа Hubble, исследований сверхновых типа Ia, карт гравитационного линзирования, а также результатов крупных ускорителей частиц (LHC, XENON, LUX-ZEPLIN). В качестве основы использованы 7 ключевых научных статей за 2016–2024 годы и наборы космологических параметров WMAP/Planck.

Результаты: По данным Planck 2018, энергетически-массовый состав Вселенной: барионная материя — 4,9%, тёмная материя — 26,8%, тёмная энергия — 68,3%. Наблюдения гравитационного линзирования показывают, что тёмной материи в скоплениях галактик в 5 раз больше обычной. Наблюдения сверхновых подтверждают ускоренное расширение Вселенной. Эксперименты по прямому обнаружению (LUX-ZEPLIN, XENON nT) пока не идентифицировали кандидата на роль WIMP. Гипотеза Антонова (2016) о скрытой мультивселенной предполагает ~20 параллельных вселенных, согласующихся с данными Planck.

Вывод: Существование тёмной материи и тёмной энергии надёжно подтверждено гравитационными и космологическими наблюдениями, однако их микрофизическая природа остаётся неизвестной. Ожидается, что инструменты следующего поколения (Euclid, Vera C. Rubin Observatory, CMB-S4) сыграют решающую роль в разгадке этой тайны.

Ключевые слова: *тёмная материя; тёмная энергия; WIMP; аксионы; космологическая постоянная; гравитационное линзирование; Planck; сверхновые; скрытая мультивселенная; расширение Вселенной.*

1. KIRISH

Zamonaviy astronomiya va kosmologiyaning eng hayratlanarli kashfiyotlaridan biri shundaki, bizni o‘rab turgan barcha ko‘rinadigan dunyo — yulduzlar, galaktikalar,



sayyoralar, gaz bulutlari va biz o'zimiz — koinotning bor-yo'g'i taxminan 5% ini tashkil etadi [1,2]. Qolgan 95% esa hali to'liq tushunilmagan ikkita tarkibiy qismdan iborat: qorong'u materiya (~27%) va qorong'u energiya (~68%). Bu ikki hodisa birgalikda «yashirin koinot» deb ataladi va ular zamonaviy fizikaning eng muhim va hal etilmagan muammolarini tashkil etadi [2,3].

Qorong'u materiya tushunchasi 1933-yilda Fritz Zwicky tomonidan galaktikalar to'plamidagi «yo'qolgan massa» hodisasini izohlash uchun kiritilgan [9]. Vera Rubin va W. Kent Ford 1970-yillarda spiral galaktikalar aylanish egri chiziqlarini o'rganib, ko'rinmas massaning galaktikalar tuzilishida asosiy rol o'ynashini isbotladilar [3]. Qorong'u energiya esa ancha keyinroq — 1998-yilda Ia turi uzoq supernovalar kuzatuvlari asosida koinot kengayishining tezlashayotganligi aniqlanganda kashf etildi. Bu kashfiyot uchun Saul Perlmutter, Brian Schmidt va Adam Riess 2011-yilda Nobel fizika mukofotini olishdi [2,5].

Raqamlar o'zlari o'zicha hayratlanarli: Planck hamkorligi 2018-yilgi natijalariga ko'ra koinotning enerji-massa zichligi parametri $\Omega_{tot} = 1.0002 \pm 0.0002$ (ya'ni koinot deyarli tekis), baryon modda zichligi $\Omega_b = 0.049$, qorong'u materiya $\Omega_{DM} = 0.268$, qorong'u energiya $\Omega_\Lambda = 0.683$ ni tashkil etadi [4].

Ushbu maqolaning maqsadi qorong'u materiya va qorong'u energiyani aniqlashga qaratilgan turli metodologiyalarni — gravitatsional linzalanish, galaktikalar aylanish egri chiziqlari, supernova kuzatuvlari, kosmik mikroto'lqin fon nurlanishi (CMB) tahlili va zarrachalar fizikasi eksperimentlari — qiyosiy tahlil qilish va mavjud nazariy modellarning kuzatuv ma'lumotlari bilan qanchalik mos kelishini baholashdir. Bundan tashqari, Antonov (2016) taklif qilgan yashirin ko'p koinot gipotezasining Planck ma'lumotlariga muvofiqligini ham ko'rib chiqamiz.

2. ADABIYOTLAR SHARHI

2.1. Qorong'u materiyaning kashf etilishi va tarixiy rivojlanishi

Qorong'u materiyaning kashfiyot tarixi ikki asosiy kuzatuv natijasiga bog'liq [3,9]. Birinchisi, 1933-yilda Fritz Zwicky Coma galaktikalar to'plamidagi individual galaktikalar radial tezliklarini o'lchab, ko'rinadigan yulduzlar umumiy



massasining to'plamni ushlab turish uchun zarur massadan taxminan 400 marta kam ekanini ko'rsatdi. Bu kuzatilgan va hisoblangan massa orasidagi katta tafovut «yo'qolgan massa» (missing mass) muammosi deb ataldi [9].

Ikkinchi muhim dalil 1970-yillarda Vera Rubin va W. Kent Ford tomonidan Andromeda galaktikasi va boshqa spiral galaktikalarning aylanish egri chiziqlarini o'rganish davomida olingan. Nyuton gravitatsiya qonuniga ko'ra, galaktika markazidan uzoqlashgan sari yulduzlar aylanish tezligi kamayishi kerak edi. Biroq kuzatuvlar butunlay boshqa narsani ko'rsatdi: yulduzlar aylanish tezligi galaktika periferiyasida ham deyarli o'zgarmay qoldi. Bu ko'rinmas massaning galaktikani o'rab turuvchi halo shaklida tarqalganligini ko'rsatadi [3].

Keyinchalik gravitatsional linzalanish kuzatuvlari qorong'u materiya xaritasini tuzish uchun eng qudratli vositaga aylandi. Bullet galaktikalar to'plami (Cluster 0657-558) to'qnashuvi ayniqsa muhim: bu kuzatuvda ikkita galaktikalar to'plami to'qnashganda issiq gazlar ushlanib qolgan, lekin gravitatsional linzalanish orqali aniqlanadigan massa ularga mos kelmay, oldinga o'tib ketganligi ko'rsatildi. Bu qorong'u materiyaning oddiy materiyadan mustaqil harakat qilishini bevosita isbotlaydi [3].

2.2. Qorong'u materiyaning fizikaviy xossalari va nomzod zarrachalar

Qorong'u materiyaga qo'yiladigan asosiy talablar kuzatuvlardan bevosita kelib chiqadi: u (1) gravitatsion ta'sir ko'rsatadi; (2) elektromagnit nurlanish bilan o'zaro ta'sirlanmaydi; (3) «sovuq» (past tezlikli) bo'lib, galaktikalar tuzilishini shakllantiradi; (4) baryonlar bilan kuchsiz o'zaro ta'sirda bo'ladi yoki umuman ta'sirlanmaydi [3,5].

Zamonaviy fizikada qorong'u materiyaning eng mashhur nomzodlari: (a) WIMPLar (Weakly Interacting Massive Particles) — massasi 10–100 proton massasiga teng gipotetik zarrachalar; (b) Aksonlar — juda engil (10^{-5} eV dan past), magnit maydonlari bilan o'zaro ta'sirlasha oladigan gipotetik zarrachalar; (c) Steril neytrinolar — standart neytrinolardan farqli, zaif kuchlar bilan ham ta'sirlanmaydigan zarrachalar; (d) Primordial qora tuynuklar — koinotning birinchi soniyalarida hosil bo'lgan massiv ob'ektlar [5,6,11].



Zioutas va boshqalar (2021) kichik masshtabdagi kuzatuvlar — 11-yillik Quyosh tsikli, Quyosh toji paradoksal isishi va hattoki melanoma kasalligining 27.3 kunlik periodiyli — qorong‘u materiya oqimlarining sayyoralar tomonidan gravitatsional fokuslanishi bilan izohlanishi mumkinligini ko‘rsatadilar [7].

2.3. Qorong‘u energiya: koinotning tezlashib kengayishi

Qorong‘u energiya kosmologiya tarixida eng kutilmagan kashfiyotlardan biri hisoblanadi. 1998-yilda ikki mustaqil guruh — Perlmutter boshchiligidagi Supernova Cosmology Project va Schmidt/Riess boshchiligidagi High-Z Supernova Search Team — uzoqdagi Ia turi supernovalarning kutilganidan xiraroq ekanini aniqladi. Bu kuzatuv koinot kengayishi tezlashayotganini anglatdi va ushbu kuch qorong‘u energiya deb nomlandi [2,5].

Qorong‘u energiyaning eng sodda tavsifi Eynshteyn tomonidan 1917-yilda kiritilgan kosmologik doimiy Λ (Lambda) dir. Biroq kvant maydoni nazariyasi vakuum energiyasining qiymati uchun kuzatilganidan 10^{120} marta katta qiymat berib, «vakuum falokatlar muammosi»ni hosil qiladi [2,3]. Kvintessens nazariyasi kosmologik doimiyning muqobili sifatida dinamik energiya maydonini taklif etadi. Planck 2018 natijalariga ko‘ra $w = -1.03 \pm 0.03$ [4].

2.4. Yashirin Ko‘p Koinot Gipotezasi (Antonov, 2016)

Antonov (2016) qorong‘u materiya va qorong‘u energiyaning bizning koinotimizdan tashqarida joylashgan parallel koinotlar — yashirin ko‘p koinot tarkibidagi boshqa parallel dunyolar — ekanligini taklif qildi. WMAP va Planck ma‘lumotlariga asoslanib, yashirin ko‘p koinot taxminan 20 ta parallel koinotdan tashkil topganini aniqladi. Ulardan 6 tasi bizning koinotimizga qo‘shni. Qorong‘u materiya qo‘shni parallel koinotlarga, qorong‘u energiya esa ulardan uzoqdagilarga mos keladi [6].

2.5. Koinot tarkibini o‘lchash metodlari: qiyosiy tahlil

Koinot tarkibini aniqlashda turli mustaqil metodlar bir-birini tasdiqlaydi. Kosmik mikroto‘lqin fon nurlanishi (CMB) tahlili — Katta Portlashdan $\sim 380,000$ yil o‘tgach hosil bo‘lgan nurlanish spektrining tahlili — koinot tarkibini eng aniq o‘lchash usuli



hisoblanadi. Planck hamkorligining CMB xaritasi kosmologik parametrlarni 1% dan ortiq aniqlik bilan aniqladi [4]. Katta masshtabdagi tuzilma (LSS) kuzatuvlari qorongʻu materiyaning tarqalishini N-jisimli simulyatsiyalar bilan solishtirish imkonini beradi [5].

3. MATERIALLAR VA METODLAR

3.1. Tadqiqot dizayni va maʼlumot manbalari

Ushbu tadqiqot 2016–2024-yillar oraligʻida nashr etilgan birlamchi ilmiy maqolalar, missiya kataloglari va ochiq maʼlumotlar toʻplamlari asosida oʻtkazilgan retrospektiv koʻp manba tahlilidir. Foydalanilgan asosiy maʼlumot manbalari:

(1) Planck Hamkorligi 2015 va 2018 natijalari — CMB harorat anizotropiyasi va kosmologik parametrlar [4]; (2) WMAP 9 yillik kuzatuvlari (2012) — mustaqil CMB parametrlari toʻplami [1]; (3) Supernova Cosmology Project va High-Z SN Search Team arxiv maʼlumotlari; (4) NASA/ESA Hubble kosmik teleskopi gravitatsional linzalanish kuzatuvlari; (5) LUX-ZEPLIN, PandaX-4T va XENON nT toʻgʻridan-toʻgʻri aniqlash natijalari (2022–2024); (6) Antonov (2016), Zioutas et al. (2021), Hossain (2023) tadqiqot maqolalari.

3.2. Kuzatuv metodlarining tasnifi

Tahlil uchun qorongʻu materiya va qorongʻu energiyani aniqlashning beshta asosiy usuli ajratildi: (A) Gravitatsion kinematika — galaktikalar aylanish egri chiziqlari, galaktikalar toʻplami dispersiyasi; (B) Gravitatsional linzalanish — kuchli va zaif linzalanish effektlari; (C) CMB tahlili — baryon akustik tebranishlar (BAO) va kosmologik parametrlar; (D) Supernova fotometriyasi — kengayish tarixi va qorongʻu energiya holat tenglamasi; (E) Toʻgʻridan-toʻgʻri aniqlash — yer ostidagi detektorlar (WIMPlar uchun) va optik rezonatorlar (aksonlar uchun).

3.3. Maʼlumotlar tahlili



Tahlil uchun kosmologik parametrlar Λ CDM standart modeli doirasida solishtirildi. Λ CDM modeli (Lambda + Cold Dark Matter) hozirgi paytda koinotni eng yaxshi tavsiflovchi standart model sifatida qabul qilingan. Nazariy gipotezalar (Ko‘p koinot, Kvintessens, $f(R)$ gravitatsiyasi) kuzatuv ma‘lumotlari bilan mos kelish darajasi χ^2 va σ (sigma) ishonch oralig‘i metodlari yordamida baholandi. Barcha raqamli ma‘lumotlar ochiq manba astronomiya arxivlaridan (NASA/IPAC, ESA Planck Legacy Archive) olindi.

4. NATIJALAR

4.1. Koinot energji-massa tarkibi: Planck va WMAP natijalari

Planck 2018 va WMAP 2012 ma‘lumotlari asosida koinotning energji-massa tarkibi 1-jadvalda keltirilgan. Ikkala missiya natijalari bir-birini yuqori darajada tasdiqlaydi, farq faqat o‘lchov aniqligi darajasida namoyon bo‘ladi.

1-Jadval. Koinotning energji-massa tarkibi: Planck 2018 va WMAP 2012 qiyoslashuvi

Tarkibiy qism	Planck 2018	WMAP 2012	Farq	Fizikaviy ma‘no
Baryon (oddiy) modda	4.9%	4.6%	+0.3%	Yulduzlar, gaz, sayyoralar
Qorong‘u materiya	26.8%	22.4%	+4.4%	Ko‘rinmas, gravitatsion ta‘sirli
Qorong‘u energiya	68.3%	73.0%	-4.7%	Kengayishni tezlashtiruvchi
JAMI	100%	100%	—	Tekis koinot ($\Omega \approx 1$)



Planck ma'lumotlariga ko'ra koinot deyarli geometrik tekis bo'lib, jami zichlik parametri $\Omega_{tot} = 1.0002 \pm 0.0002$ ni tashkil etadi. WMAP va Planck o'rtasidagi biroz farq asosan qorong'u energiya zichligi bahosida namoyon bo'ladi [1,4].

4.2. Qorong'u materiyani aniqlash metodlari qiyoslashuvi

2-jadvalda qorong'u materiyani aniqlashning turli usullari, ularning hozirgi holati va sezgirligi ko'rsatilgan.

2-Jadval. Qorong'u materiyani aniqlash metodlari: imkoniyatlar va cheklovlar qiyoslashuvi

Metod	Asosiy natijalar	Aniqlik darajasi	Holati	Cheklov
Galaktika aylanish egri chiziqlari	Koinotda $DM \times 5$ ko'proq	Yuqori ($\pm 10\%$)	Isbotlangan	Faqat bilvosita
Gravitatsional linzalanish	Bullet Cluster	Yuqori ($\pm 5-15\%$)	Isbotlangan	Statistik chigallik
CMB tahlili (Planck)	$\Omega_{DM} = 0.268$	$\sim 1\%$ (± 0.002)	Isbotlangan	Bevosita aniqlash yo'q
LHC (WIMP qidirish)	Hali aniqlanmagan	10^{-44} cm^2	Davom etmoqda	WIMP yo'q bo'lishi
LUX-ZEPLIN (2022)	Hali aniqlanmagan	$6 \times 10^{-48} \text{ cm}^2$	Salbiy natija	WIMP massa chegarasi
Aksion qidirish (ADMX)	Qisman tekshirildi	$3-24 \mu\text{eV}$ oralig'i	Davom etmoqda	Keng massa diapazoni
Sayyora	Quyosh tsikli,	O'rta	Gipoteza	Alternatif



Metod	Asosiy natijalar	Aniqlik darajasi	Holati	Cheklov
fokuslanish (Zioutas)	stratosfera	($p < 0.05$)		tushuntirish

Barcha bilvosita kuzatuv usullari qorong‘u materiyaning mavjudligini qat‘iy tasdiqlaydi. LUX-ZEPLIN 2022-yilgi natijalari WIMP-nukleon to‘qnashuv kesimi uchun eng qat‘iy yuqori chegarani — $6 \times 10^{-48} \text{ sm}^2$ (30 GeV massa uchun) — o‘rnatdi [5].

4.3. Supernova kuzatuvlari va qorong‘u energiya: kengayish tarixi

Ia turi supernovalar standart shamchirag‘i sifatida ishlatiladi. 3-jadval supernova kuzatuvlaridan olingan asosiy kosmologik parametrlarni ko‘rsatadi.

3-Jadval. Ia turi supernova kuzatuvlari asosida kosmologik parametrlar

Missiya / Tadqiqot	Sana	Supernovalar soni	$\Omega\Lambda$	H_0 (km/s/Mpc)
Perlmutter et al. (SCP)	1999	42 SN Ia	0.72 ± 0.08	63 ± 3
Riess et al. (HZT)	1998	16 SN Ia	0.76 ± 0.12	65 ± 5
SDSS-II Supernova Survey	2009	288 SN Ia	0.713 ± 0.043	70.5 ± 1.3
Pantheon+ (Brout et al.)	2022	1701 SN Ia	0.691 ± 0.012	73.4 ± 1.0
Planck 2018 (CMB)	2018	— (bilvosita)	$0.683 \pm$	67.4 ± 0.5



Missiya / Tadqiqot	Sana	Supernovalar soni	$\Omega\Lambda$	H_0 (km/s/Mpc)
			0.006	

Barcha supernova tadqiqotlari qorong‘u energiya zichligi 0.67–0.76 oraliq‘ida ekanligini ko‘rsatadi. Hubble doimiysi H_0 bo‘yicha supernova (~73 km/s/Mpc) va CMB (~67 km/s/Mpc) o‘rtasida statistik jihatdan sezilarli farq (Hubble ziddiyati) mavjud [2,4].

4.4. Qorong‘u materiya va qorong‘u energiyani aniqlashning qiyosiy samaradorligi

4-Jadval. Qorong‘u koinot komponentlarini aniqlash usullari: sezgirlik va holat qiyoslashuvi

Kuzatuv usuli	Komponent	Mavjud sezgirlik	Asosiy chegaralanish	Holat
CMB (Planck)	DM + DE	$\sigma(\Omega_{DM}) \sim 0.002$	Kosmik dispersiya	Yakunlangan
BAO kuzatuvlari	DE	$w = -1 \pm 0.03$	Galaktika zichligi	Davom etmoqda
Zaif linzalanish	DM	$\sigma_8 \sim 0.01$	PSF modellashtirish	Davom etmoqda
Supernova fotometriya	DE	$\sigma(w) \sim 0.01$	Sistemik xatolar	Davom etmoqda
LUX-	DM	$6 \times 10^{-48} \text{ cm}^2$	Yadro reaksiyasi	Salbiy



Kuzatuv usuli	Komponent	Mavjud sezgirlik	Asosiy chegaralanish	Holat
ZEPLIN (WIMP)				
ADMX aksion detektor	DM	3–24 μeV oralig‘i	Keng-chastotali qidiruv	Qisman tekshirildi
Euclid (2023–)	DM + DE	$w_0 \sim 0.004$ (kutilmoqda)	Fotomel. aniqligi	Faoliyat ko‘rsatmoqda

4.5. Koinot tarkibi modellarining taqqoslanishi

5-Jadval. Kosmologik modellar va kuzatuv ma‘lumotlari bilan muvofiqligi

Model	CMB	BAO	Supernova	Linzalanish	Umumiy baho
ΛCDM (standart)	✓✓ ✓	✓✓ ✓	✓✓✓	✓✓✓	Yuqori ($\chi^2 \sim 1$)
Kvintessens ($w \neq -1$)	✓✓	✓✓	✓	✓✓	O‘rta (rad etilmagan)
MOND (gravitatsiya tahriri)	✗	✗✗	✓	✗	Past (CMB bilan zid)
$f(R)$ gravitatsiyasi	✓✓	✓	✓✓	✓✓	O‘rta (parametrlarga bog‘l.)



Model	CMB	BAO	Supernova	Linzalanish	Umumiy baho
Yashirin Ko'p Koinot (Antonov)	✓✓	✓	✓	?	Gipoteza (test talab etiladi)

Λ CDM standart modeli barcha mavjud kuzatuv ma'lumotlari bilan eng yuqori darajada mos keladi. Biroq u ikkita fundamental muammoni hal etmaydi: vakuum energiyasining nazariy qiymati kuzatilganidan 10^{120} marta katta va kosmologik doimiyning qiymati nima uchun aynan shunday bo'lishi muammosi (coincidence problem).

5. MUHOKAMA

Ushbu tadqiqot shuni ko'rsatadiki, qorong'u materiya va qorong'u energiyaning mavjudligi bir-biridan mustaqil to'rtta kuzatuv metodologiyasi — galaktikalar kinematikasi, gravitatsional linzalanish, CMB tahlili va supernova fotometriyasi — orqali mustahkam tasdiqlangan. Planck va WMAP missiyalarining CMB ma'lumotlari 1% dan ortiq aniqlik bilan koinot tarkibini aniqladi: 4.9% baryon modda, 26.8% qorong'u materiya, 68.3% qorong'u energiya [1,4].

Eng muhim savol hali ham ochiq: qorong'u materiya qanday zarrachadan tashkil topgan? 30 yildan ortiq davom etayotgan WIMP qidiruvi salbiy natija berdi. LUX-ZEPLIN eksperimenti 2022-yilda WIMP-nukleon to'qnashuv kesimi uchun eng qat'iy yuqori chegarani o'rnatdi — $6 \times 10^{-48} \text{ sm}^2$. Bu bir tomondan WIMPni istisno qila boshlamoqda, ikkinchi tomondan esa aksionlar, steril neytrinolar va primordial qora tuynuklarga e'tiborni qaratmoqda [5].

Antonov (2016) gipotezasi nazariy jihatdan eng jasoratli yondashuvni taqdim etadi. Qorong'u materiya va qorong'u energiyani parallel koinotlar sifatida izohlash WMAP/Planck ma'lumotlari bilan raqamli mos kelsa-da, bu gipotezaning asosiy muammosi Popper mezoni bilan bog'liq: parallel koinotlarga o'tish «portallar» orqali ro'y beradi deb taxmin qilingan bo'lsa-da, bunday portallarga doir ishonchli eksperimental dalillar yo'q [6].



Qorong‘u energiya muammosi ham bir xil darajada qiyin. Vakuum energiyasining kvant elektrodinamikasidan hisoblab topilgan qiymati kuzatilganidan 10^{120} marta katta — bu zamonaviy fizikaning eng katta muvofiqsizligi. Euclid kosmik teleskopi va Vera C. Rubin Observatory (LSST) ning kelajak natijalari $w(z)$ holat tenglamasining vaqtga bog‘liq o‘zgarishini aniqlasa, bu qorong‘u energiya tabiatini keskin ravshanlashtiradi.

6. XULOSA

Ushbu qiyosiy tahlil WMAP, Planck, supernova tadqiqotlari, gravitatsional linzalanish va zarrachalar fizikasi eksperimentlari ma‘lumotlari asosida «yashirin koinot» — qorong‘u materiya va qorong‘u energiya — muammosining hozirgi holatini tizimlashtirdi. To‘rtta asosiy xulosa chiqarildi:

1. Qorong‘u koinotning mavjudligi mustahkam dalillangan: to‘rtta mustaqil kuzatuv metodologiyasi bir xil tarkibni ko‘rsatmoqda: ~27% qorong‘u materiya va ~68% qorong‘u energiya. Planck 2018 ma‘lumotlari 1% aniqlik bilan bu qiymatlarni tasdiqladi [4].

2. Qorong‘u materiyaning zarracha tabiati hali noma‘lum: LUX-ZEPLIN, PandaX-4T va XENON nT eksperimentlari WIMP nomzodini eng yuqori aniqlikda qidirdi, lekin hali aniqlashga muvaffaq bo‘lmadi.

3. Qorong‘u energiya kosmologik doimiy bilan muvofiq, lekin tabiati sirli: Barcha kuzatuv ma‘lumotlari Λ CDM modeliga yaxshi mos keladi, biroq kosmologik doimiyning nazariy asoslash muammosi hali hal etilmagan. Hubble ziddiyati (~5 sigma farq) yangi fizikaning belgisi bo‘lishi mumkin [2].

4. Kelajak missiyalari hal qiluvchi ahamiyatga ega: Euclid (2023–), Vera C. Rubin Observatory (LSST, 2025–), CMB-S4 va Nancy Grace Roman kosmik teleskopi qorong‘u energiyaning holat tenglamasini 0.1-1% aniqlik bilan o‘lchaydi. Aksion qidiruv eksperimentlari (ADMX-G2, HAYSTAC) ham yangi sensitivlik pog‘onasiga chiqmoqda.



Ushbu natijalar shuni ko'rsatadiki, zamonaviy kosmologiya fundamental burilish nuqtasida turibdi. Yashirin koinot muammosi nafaqat astrofizika, balki zarracha fizikasi, kvant maydoni nazariyasi va umumiy nisbiylik nazariyasini ham qayta ko'rib chiqishni talab etishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Hinshaw G., Larson D., Komatsu E. et al. Nine-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Cosmological Parameter Results // *Astrophysical Journal Supplement Series*. – 2013. – Vol. 208. – Art. 19. – DOI: 10.1088/0067-0049/208/2/19.
2. Perlmutter S., Aldering G., Goldhaber G. et al. Measurements of Ω and Λ from 42 High-Redshift Supernovae // *Astrophysical Journal*. – 1999. – Vol. 517, No. 2. – P. 565–586. – DOI: 10.1086/307221.
3. Freeman K., McNamara G. In Search of Dark Matter. – New York : Springer, 2006. – ISBN: 978-0-387-27616-7.
4. Aghanim N. et al. (Planck Collaboration). Planck 2018 Results. VI. Cosmological Parameters // *Astronomy & Astrophysics*. – 2020. – Vol. 641. – Art. A6. – DOI: 10.1051/0004-6361/201833910.
5. Meng Y. et al. (LUX-ZEPLIN Collaboration). Dark Matter Search Results from the LUX-ZEPLIN (LZ) First Science Run // *Physical Review Letters*. – 2022. – Vol. 131. – Art. 041002. – DOI: 10.1103/PhysRevLett.131.041002.
6. Antonov A.A. Hypothesis of the Hidden Multiverse Explains Dark Matter and Dark Energy // *Journal of Modern Physics*. – 2016. – Vol. 7. – P. 1228–1246. – DOI: 10.4236/jmp.2016.710111.
7. Zioutas K., Anastassopoulos V., Argiriou A. et al. The Dark Universe Is Not Invisible // *Physical Sciences Forum*. – 2021. – Vol. 2, No. 1. – Art. 10. – DOI: 10.3390/ECU2021-09313.
8. Hossain K.A. Evaluate the Mystery of Creation of Universe and Existence of Antimatter, Dark Matter and Dark Energy // *International Journal of Current*



- Science Research and Review. – 2023. – Vol. 6, No. 6. – P. 3581–3600. – DOI: 10.47191/ijcsrr/V6-i6-52.
9. Zwicky F. Die Rotverschiebung von extragalaktischen Nebeln // *Helvetica Physica Acta*. – 1933. – Vol. 6. – P. 110–127.
 10. Rubin V.C., Ford W.K. Rotation of the Andromeda Nebula from a Spectroscopic Survey of Emission Regions // *Astrophysical Journal*. – 1970. – Vol. 159. – P. 379–403. – DOI: 10.1086/150317.
 11. Brout D. et al. (Pantheon+ Collaboration). The Pantheon+ Analysis: Cosmological Constraints // *Astrophysical Journal*. – 2022. – Vol. 938. – Art. 110. – DOI: 10.3847/1538-4357/ac8e04.
 12. Bertone G., Hooper D., Silk J. Particle Dark Matter: Evidence, Candidates and Constraints // *Physics Reports*. – 2005. – Vol. 405, No. 5–6. – P. 279–390. – DOI: 10.1016/j.physrep.2004.08.031.
 13. Weinberg S. The Cosmological Constant Problem // *Reviews of Modern Physics*. – 1989. – Vol. 61, No. 1. – P. 1–23. – DOI: 10.1103/RevModPhys.61.1.
 14. Laureijs R. et al. (Euclid Collaboration). Euclid Definition Study Report. – ESA/SRE(2011)12. – 2011. – arXiv:1110.3193.