

«8D05307 – Физика және астрономия» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін диссертациялық жұмысқа

АНДАТПА

ҚОНЫСБАЕВ ТАЛҒАР КҮНТУҒАНҰЛЫ

ӘР ТҮРЛІ ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ СЦЕНАРИЙЛЕРДЕГІ ҚАРАҢҒЫ МАТЕРИЯ МЕН ҚАРАҢҒЫ ЭНЕРГИЯ

Диссертациялық жұмыс әр түрлі геометриялық сценарийлердегі қараңғы материя мен қараңғы энергияны зерттеуге арналған.

Тақырыптың өзектілігі

Соңғы онжылдықта заманауи космологиядағы алынған нәтижелерді растау саны арта түсті, дәлірек айтсақ, Әлемнің үдемелі кеңеюін сипаттайтын космологиялық тұрақтының болуы. Бұл сол кездегі бақылаулардың әртүрлі түрлерінің өзара әрекеттесуін қарастырған кейбір ғалымдар үшін таң қаларлық жағдай болмады. Әлем жай ғана кеңейіп қана қоймай, ол үдемелі түрде кеңейіп келеді. Әлемнің үдемелі кеңеюі қазіргі теориялық физика мен космологияның негізгі мәселелерінің бірі. Астрофизикалық бақылауларға сәйкес, теріс қысымы бар қараңғы энергия ($\approx 69\%$), Әлемнің үдемелі кеңеюі мәселесін шешуді қамтамасыз етеді. Ал, қараңғы материя ($\approx 26\%$), галактикалардың айналу қисықтары жазық болатын құрылымдарды қалыптастыру үшін қажет. Заманауи космологиядағы ең қарапайым модель Λ CDM моделі. Бұл модельде космологиялық тұрақты суық қараңғы материямен бірге Әлемнің энергия көзінің негізгі бөлігін құрайды, ал фондық динамика салыстырмалылық теориясына сәйкес анықталады. Бұл модель бақыланатын деректерді түсіндіре алады, бірақ бұл жағдайда космологиялық тұрақты мәселесі туындайды. Бұл мәселені шешудің алғашқы әрекеттерінің бірі динамикалық қараңғы энергия: квинтэссенция, фантом, квинтом және әртүрлі голографиялық модельдермен байланысты болды. Әлемнің үдемелі кеңеюін қараңғы энергия мен қараңғы материяны біріктіретін сұйықтықтар арқылы түсіндіруге болады, мысалы, Чаплыгин газы. Қараңғы энергия модельдерін енгізу тәсілі қазіргі космологияда кеңінен қолданылады. Алайда, Лагранж деңгейіндегі өріс теңдеулерінің әртүрлі модификациялары қараңғы энергия табиғи түрде пайда болатын іргелі сипатқа ие. Заманауи космологиядағы тағы бір маңызды мәселе - қараңғы материя мен қараңғы энергияның өзара әрекеттесуі. Бір жағынан, бақылаулар өзара әрекеттесу мүмкіндігін көрсетсе, екінші жағынан, неліктен қараңғы материя мен қараңғы энергия арасында өзара әрекеттесу болу керек және бұл байланыс қалай пайда болды деген сұраққа жауап беретін іргелі теория жоқ. Бақыланатын Әлемнің үдемелі кеңеюі Әлемнің даму кезеңіндегі үдемелі кеңеюдің бірінші

фазасы емес. Дегенмен де. Ерте Әлемдегі инфляцияның физикасы мен механизмі Әлемнің үдемелі кеңеюі физикасынан өзгеше.

Аса жаңалардың жарқылын, Уилкинсон микротолқынды анизотропиялық зонды (WMAP) және барионды акустикалық тербелістерді космологиялық бақылау, қазіргі Әлемнің қараңғы энергия деп аталатын энергияның жаңа көзімен қамтамасыз етілетін үдемелі кеңеюдің фазасынан өтетінін болжады. Бақылау космологиясында $H(z)$ кеңею жылдамдығы әртүрлі космологиялық параметрлерді, атап айтқанда масштабты параметр мен баяулау параметрін алу үшін пайдалы болатын әртүрлі қызыл ығысуларда өлшенеді. Дегенмен, бақылау деректерін талдау бізге космологиялық динамика туралы қанағаттанарлық түсінік бергенімен, Әлемнің эволюциясы туралы толық түсінік бере алмайды. Соңғы уақытта, бақылауларды талдау үшін, Әлемнің құрылымын қалыптастыру үшін оның біртекті емес бөліктерінің ғарыштық өсуі қарастырылады. Әлемнің

$\delta(z) \equiv \frac{\delta\rho_m}{\rho_m}$ материя тығыздығының сызықтық ұйытқуынан алынған

ірімасштабты құрылымдардың өсуі космологиялық модельдің параметрлерін анықтауда рөлі маңызды. Біртекті емес энергия тығыздығының эволюциясын

сипаттау үшін өсу функциясын $f = \frac{d \ln \delta}{d \ln a}$ өсу индексі γ арқылы қарастыруға

болады. Осылайша, космологиядағы Әлемнің үдемелі кеңеюін түсіну үшін қараңғы энергияны зерттеу маңызды, оны бір уақытта кеңею жылдамдығы $H(z)$ және материяның тығыздық ұйытқуының $\delta(z)$ өсуі туралы мәліметтерді қолдану арқылы талдауға болады.

Парадигма космологиялық тұрақты Λ түріндегі сәйкес сұйықтық тығыздығы ρ_{de} гравитациялық күштің әсерін теңестіру және Әлемді үдетмелі кеңейту үшін $\omega_{de} = \frac{P_{de}}{\rho_{de}} \equiv \omega_{\Lambda} = -1$ күй параметі теріс деп болжайды. Қараңғы энергияның бәсекелес модельдерін зерттеудің әртүрлі мүмкіндіктерінің ішінде термодинамикалық үдеудің бір түрін тұжырымдауға болады, яғни Әлемді термодинамикалық жүйе ретінде қарастыру. Бұл модельдерде қараңғы энергия мен қараңғы материяны бір сұйықтықтан тұрады деп есептейді және осы сұйықтық Әлемнің термодинамикалық үдемелі кеңеюіне себепші болып табылады. Антон-Шмидт сұйықтығының бастапқы формуласы шектік жағдайда қараңғы энергияның логотропты модельдерімен және Чаплыгин газымен сәйкес келеді.

Жоғарыда аталған космологияның заманауи мәселелеріне сүйене отырып, **«ӘР ТҮРЛІ ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ СЦЕНАРИЙЛЕРДЕГІ ҚАРАҢҒЫ МАТЕРИЯ МЕН ҚАРАҢҒЫ ЭНЕРГИЯ»** атты диссертациялық жұмысы қараңғы материя мен қараңғы энергияның Әлемнің құрылымдарының қалыптасуындағы және оның үдемелі кеңеюіндегі рөлін зерттеуге арналған.

Жұмыстың мақсаты

Қараңғы энергия мен қараңғы материяны біріктіретін сұйықтық арқылы Әлемнің үдемелі кеңеюін түсіндіретін логотропты және модификацияланған логотропты модельді зерттеу.

Зерттеу нысандары

n параметрінің әртүрлі мәндері үшін логотропты модель, модификацияланған логотропты модель, қараңғы энергия, қараңғы материя.

Зерттеу пәні

Хаббл параметрі, қараңғы энергия күй теңдеуі, дыбыс жылдамдығы, космологиялық параметрлер, өсу фактор, өсу индексі.

Зерттеу әдісі

Дифференциалдық теңдеулерді сандық және аналитикалық шешу әдістері, Левенберг-Маркуардттың сызықты емес ең кіші квадраттар әдісі, Байестік талдау әдісі, Акайке талдау әдісі, дифференциалдық геометрия, тензорлық анализ, Монте-Карло әдісі, ұйытқу теориясының әдістері және тізбектік жуықтау әдістері.

Жұмыстың мақсатына жету үшін келесідей **міндеттер** қойылды:

- 1 Космологиялық модельдерді талдау және салыстыру.
- 2 Логотропты модельдер үшін Әлемдегі қараңғы энергия, қараңғы материя, бариондық материяның космологиялық параметрлерінің мәнін табу.
- 3 Әр модель үшін қараңғы материя және қараңғы энергияның жалпы күй теңдеуі, ғарыштық өсу функциясы және тығыздықтың ұйытқуының масштаб факторына қатынасын әртүрлі каталогтардағы бақылау деректерімен салыстыра отырып зерттеу.

Диссертациялық жұмыстың **жаңалығы** мен ерекшелігі, **алғаш рет**:

- 1 Акайке және Байестік информациялық критерийіне негізделі отырып, ең қолайлы және ең нашар космологиялық модельдер анықталды.
- 2 Әлемдегі қараңғы энергия, қараңғы материя, бариондық материяның космологиялық параметрінің мәндері логотропты (логотропты және модификацияланған) модельдер үшін табылды.
- 3 Қараңғы материя мен қараңғы энергияның жалпы күй теңдеуі, өсу факторы, тығыздық ұйытқуының масштабтық факторына тәуелділігі көрсетілді.

Қорғауға арналған негізгі тұжырымдар:

1 $n = 0$ кездегі Акайке және Байес информациялық критерийі бойынша қараңғы материя мен қараңғы энергияның логотропты күй теңдеуі космологиялық бақылаулар деректерімен: өсу функциясы, аса жаңалардың жарқылы, Хабблдың бақылау деректері және орташа квадраттық массалық флуктуациясының мәндерімен жақсы сәйкес келеді.

2 n параметрінің әр түрлі мәндері үшін қараңғы энергия және қараңғы материяның параметрлері Ω_{de} , Ω_m төмендегідей нәтиже көрсетті: 1) Егер n параметрі еркін өзгертін болса, онда бақылаулардан $n = 0,004$ және сәйкесінше $\Omega_{de} = 0,692$, $\Omega_m = 0,308$. 2) $n = -1$ $\Omega_{de} = 0,490$, $\Omega_m = 0,510$. 3) $n = 0$ болғанда $\Omega_{de} = 0,709$, $\Omega_m = 0,291$. 4) Ал $n = 0$ болғанда бариондық материя параметрі Ω_b

ескерілгенде, модификацияланған логотропты модель үшін $\Omega_{de} = 0,709$, $\Omega_{cdm} = 0,269$, $\Omega_b = 0,022$.

3 $n=-1$ жағдайдан өзге космологиялық модельдер үшін масштабты фактордың өсуі, қараңғы материя мен қараңғы энергияның жалпы күй параметрі, өсу факторы және тығыздық ұйытқуының азаюына алып келеді.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер Әлемнің физикасын зерттеуге мүмкіндік беретін аналогтық жүйені жасау үшін үлес қосады. Қарастырылып отырған логотропты модельдер Әлемнің үдемелі кеңеюін түсіндіру үшін пайдаланылуға болады. Сондай-ақ, релятивистік астрофизика, космология, элементар бөлшектер физикасының дамуында теориялық және практикалық маңыздылығы зор және ЖОО-да «Физика және астрономия» мамандығын оқытуда қолдануға болады.

Нәтижелердің сенімділігі мен негізділігі ең алдымен бақылау деректеріне сәйкес келеді. Сонымен қатар, алынған нәтижелер қараңғы материяның белгілі оптикалық және кинематикалық қасиеттерін толықтырады. Диссертациялық жұмыстың нәтижелерінің сенімділігі мен негізділігі импакт-факторы жоғары шет ел журналдарында, Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғарғы білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті (ҒЖБМ ҒЖБССҚК) ұсынған басылымдарда және халықаралық ғылыми конференциялар материалдарында жарияланымдардың бар болуымен расталады.

Автордың жеке үлесі

Автор диссертациялық жұмыстың барлық кезеңдеріндегі зерттеу жұмысына: сандық есептеулерге және зерттеу әдісін таңдап алу барысына түгелдей қатысты. Есептерді және нәтижелерді талқылау жетекшілермен бірлесіп жүргізілді.

Жарияланымдар

Диссертациялық жұмыс материалдары негізінде 17 баспа жұмысы, оның ішінде Қазақстан Республикасы ҒЖБМ ҒЖБССҚК ұсынған басылымдарда 2 мақала, Web of Science (Clarivate Analytics) және Scopus халықаралық ақпараттық ресурстарына кіретін импакт-факторы жоғары журналдарда 8 мақала және Халықаралық ғылыми конференцияларында 7 жұмыс жарияланды.

Диссертациялық жұмыстың апробациясы

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер келесідей конференциялар мен семинарларда баяндалды:

- Қазақстандық физикалық қоғамның жыл сайынғы екінші конференциясы (2019, Алматы, Қазақстан);
- «Фараби Әлемі» студенттер мен жас ғалымдардың Халықаралық ғылыми конференциясы (2020, 2021, 2022 Алматы, Қазақстан);
- Sixteenth Marcel Grossmann Meeting Халықаралық онлайн конференциясы, (Рим, Италия, 5-10 шілде 2021);

– «Діскінің аккрециялық жарықтылығы арқылы қараңғы материяның бөлшегі ретінде бастапқы қара құрдымдарды шектеу», Қазақ – Өзбек халықаралық семинары, 13 мамыр, 2022 жыл.

Диссертациялық жұмыстың кейбір бөлімдері мемлекеттік бюджеттен қаржыландырылатын 2020-2022 жж. жас ғалымдар жобасы аясында жүзеге асырылды. Жобаның тақырыбы: «Ақ ергежейлі жұлдыздардың астрофизикалық салдары» және ЖТН: АР08052311.

Диссертациялық жұмыстың құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 3 тараудан, қорытынды және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс 44 сурет, 182 формула, 5 кесте, 168 әдебиеттер тізімі мен 110 бетті қамтиды.