

«6D060400-Физика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін диссертациялық жұмысқа

АҢДАТПА

БЕКОВ САБИТ СЕГИЗБАЕВИЧ

КАНОНДЫҚ ЕМЕС ЛАГРАНЖИАН МАТЕРИЯСЫ БАР МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ГРАВИТАЦИЯ ТЕОРИЯСЫН ЗЕРТТЕУ

Жұмыстың жалпы сипаттамасы.

Диссертациялық жұмыс гравитацияның модификацияланған теориялары шеңберінде Әлемнің эволюциясының ерте және кеш дәуірін зерттеуге арналған, алынған космологиялық шешімдер заманауи бақылау деректеріне қайшы келмейді.

Тақырыптың өзектілігі.

Қазіргі уақытта ғалымдар, Әлем шамамен 14 миллиард жыл бұрын Үлкен жарылыстан кейін пайда болып үдемелі ұлғая бастаған және пайда болған сәтте оның температурасы өте жоғары болған ($T > 10^{28}$) деген қорытындыға келген. Оның үдемелі ұлғаюының алғашқы минуттары бізге 1981 жылы Алан Гут ұсынған Әлемнің ұлғаюының инфляциялық кезеңдері ретінде белгілі. Әрі қарай, Әлемнің үдемелі ұлғаюы баяулап, ал оның температурасы сәйкесінше төмендеді. Ұлғаюдың инфляциялық кезеңінен кейін Әлемдегі элементар бөлшектердің туу және өзара әрекеттесу процесі басталады. Содан кейін материя дәуірі басталып, онда жұлдыздар, галактикалар және тағыда басқа объектілер қалыптаса бастады, яғни біздің Әлемнің құрылымы қалыптасты. 1990 жылдардың аяғында Ia(SN Ia) типті асқын жаңа жұлдыздарды ұзақ мерзімді бақылау барысында қазіргі уақытта Әлемнің үдемелі ұлғая бастағаны анықталды. Заманауи әдебиеттерде бұл дәуір Әлемнің екінші фазалық үдемелі ұлғаю дәуірі ретінде белгілі. Әлемнің бұл үдемелі ұлғаю себебі әлі анықталмаған, бірақ Әлемде күңгірт энергия мен күңгірт материяның қандай да бір түрі үстемдік етеді деген гипотеза ұсынылды. Күңгірт материя Әлемдегі галактикаларды жоғары жылдамдықпен айналдырады, ал күңгірт энергия гравитацияға қарсы рөл атқарады және үлкен теріс қысымға ие болады деп саналады.

Қазіргі космологияда Әлемнің екінші фазалық үдемелі ұлғаю құбылысын түсіндіру үшін гравитацияның стандартты теориясы, яғни жалпы салыстырмалылық теориясының әртүрлі модификациялары қолданылады. Әдетте, мұндай модификацияланған теорияларды екі түрге бөлуге болады:

– бұл моделдерде Лагранж функциясы төрт өлшемді кеңістік-уақыттың геометриясына жауапты компоненттерді жалпылайды, мысалы, $f(R)$ гравитация теориясы (мұндағы R -Риччи скаляры), телепараллельді гравитация, $f(T)$ гравитация (мұндағы T -ширату скаляры) және олардың әртүрлі модификацияланған немесе біріктірілген теориялары. Мысал ретінде келтіретін болсақ, телепараллельді гравитация гравитациялық және

электромагниттік өрістерді біріктіру үшін А. Эйнштейн ұсынған жалпы салыстырмалылық теориясының баламасы болып саналады.

– скалярлық өрістер, квинтэссенциялар, фантомдық өрістер, тахион өрістері, Хиггс бозоны немесе фермион өрістері сияқты Лагранж функциясындағы әсерге материя өрістерінің жаңа құрамдастары қосылатын модельдер. Бұл модельдердің барлығы Әлемнің ұлғаюының ерте және кейінгі динамикасын сипаттай алады, бірақ олардың қайсысы нақты және физиканың негізгі заңдарына қайшы келмейтінін одан әрі эксперименттік және бақылау деректері көрсетеді.

Өрістің қозғалыс теңдеулерін табудың екі әдісі бар. Олардың біріншісі стандартты метрикалық формализм, онда өріс теңдеулерін әсерді метрикалық тензор g_{ik} арқылы вариациялап анықтау. Бұл формализмде аффиндік байланыс Γ_{jk}^i метрикалық тензорға g_{ik} тәуелді. Қозғалыс теңдеулерін алудың екінші әдісі, метрикалық тензор g_{ik} және аффиндік байланыс Γ_{jk}^i тәуелсіз айнымалылар. Бұл әдіс бірінші ретті формализм (Палатини формализмі) ретінде белгілі, өйткені тәуелсіз метрикаға және байланысқа қатысты вариациялағанда, жалпы жағдайда метрикалық формализмдегі екінші ретті теңдеулер жүйесінің орнына бірінші ретті дифференциалдық теңдеулер жүйесі алынады. Бұл қозғалыс теңдеулерінің шешімдерін табуды жеңілдетеді. Қарастырылған екі әдіс сызықты емес лагранж үшін гравитациялық өрістің әртүрлі теңдеулеріне алып келеді, ал жалпы салыстырмалылық теориясының әсері үшін олар бір-бірімен бірдей болады. Космологияда өріс теңдеулерін шешуде кеңінен қолданылатын әдістердің бірі Нетер теоремасы, ол сақталу заңдары мен симметрия байланысына негізделген.

Соңғы бірнеше жылда деректерді жинау, талдау және сақтау процессін жақсартуға көмектесетін маңызды технологиялық програмалар пайда болды атап айтқанда Python, Maple, Wolfram Mathematica. Бірақ кез-келген зерттеуде тікелей эксперименттер жасамай, қандай да бір мәселені шешу қиын. Сол сияқты, Әлемнің жаратылысын, құрлымын анықтауда тікелей эксперименттер жасалынбайды сондықтан нақты шешілмеген мәселе көп. Кейбір мәселелерді шешуге Машиналық оқыту әдістері арқылы жауап беруге болады. Машиналық оқытуды космологияда қолдану қазіргі уақытта зерттеудің ең танымал және қызықты бағыттарының бірі болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты.

Канондық емес лагранжиан материясы бар гравитацияның модификацияланған теорияларының шеңберінде Әлем үдемелі ұлғаю эволюциясының бірінші және екінші кезеңдерінің (фазаларының) динамикасын теориялық тұрғыда зерттеу. Қарастырылып отырған модельдер үшін заманауи аналитикалық және сандық шешу әдістерін қолданып, алынған космологиялық шешімдерді бақылау деректерімен салыстыру.

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

1. Палатини формализмін қолданып $f(R)$ гравитациясы үшін Фридманның ұлғайып келе жатқан Әлемінің моделін құру. Қарастырылып

отырған модель үшін скаляр өрісінің баяу сырғу параметрін анықтау және бақылау деректерімен салыстыру.

2. Байес информациялық критерийі бойынша квинтэссенциалды күңгірт энергия потенциалын реконструкциялау. Квинтэссенциалды күңгірт энергиямен сипатталған Әлемнің $H(z)$ керілу мәселесін зерттеу;

3. Скаляр және фермиондық өрістері бар космологиялық модельдерде Нетер теоремасын қолданып анықталған космологиялық модельдердің шешімдерін бақылау деректерімен салыстыру;

Зерттеу нысандары.

Біртекті изотропты космологиялық модельдердегі Әлемнің эволюциясы.

Зерттеу пәні.

Әлем эволюциясының кезеңдерін дұрыс түсіндіретін космологиялық шешімдерді іздеу.

Зерттеу әдісі.

Қарастырылған космологиялық модельдерде: вариациялау әдісі, сызықты емес дифференциалдық теңдеулерді шешу үшін айнымалыларды ажырату әдісі, Нетер теоремасын қолдану әдісі, метрикалық формализм және Палатини формализмі, сондай-ақ, сандық есептеулерде Байестік талдау әдісі қолданылған.

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

1. Скаляр өрісі бар $f(R)$ гравитация теориясын Палатини формализмін және метрикалық формализмді қолданып Әлем эволюциясының ерте (инфляциялық) кезеңінің динамикасын сипаттайтын параметрлер анықталынды, бақылау деректерімен салыстырғанда $f(R)$ гравитация моделі үшін Палатини формализмін қолданып анықталған космологиялық параметрлер Әлем эволюциясының инфляциялық кезеңін нақты сипаттайтыны анықталды.

2. Дифференциалдық жас және бариондық акустикалық тербеліс (BAO) әдістері арқылы анықталған бақылау мәліметтерін қолданып, модельден тәуелсіз күңгірт энергияның квинтэссенциалды потенциалының түрлерін Машиналық оқыту әдісін қолданып, Планк және Хаббл миссияларынан анықталған Хаббл параметрі үшін күңгірт энергияның квинтэссенциалды потенциалы реконструкцияланды.

3. Скаляр және фермиондық өрістері бар космологиялық модельдерде Нетер теоремасын қолданып, қарастырылып отырған модельдерден анықталған нақты космологиялық шешімдер бақылау деректермен салыстырылды.

Қорғауға ұсынылған негізгі тұжырымдары:

1. Палатини формализмі $f(R)$ гравитация теориясында e – *фолд* саны $N = 65$ болғанда, Әлем эволюциясының инфляциялық кезеңін тиімді сипаттайды.

2. Машиналық оқыту әдісін қолданып, Хаббл параметрінің $H_0 = 67.40 \pm 0.5 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}$ және $H_0 = 73.52 \pm 1.62 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}$ мәндерінде анықталған күңгірт энергияның потенциалы квинтэссенция моделіне сәйкес келеді.

3. Фермиондық өріс пен гравитациялық өріс минималды емес байланысатын $f(T, B)$ гравитация теориясында, m параметрі: 1) $m = -1$ болса, күй теңдеуі параметрі $\omega = 1/3$ тең болады, бұл шешім инфляцияға дейінгі сәулелену басым болған кезеңді сипаттайды; 2) $m > 4$ болса, $\omega < -1$ онда фантомдық модельге сәйкес келеді; 3) $1 < m < 3$ интервалында күй теңдеуі параметрі $-1 < \omega < -1/3$ квинтэссенция моделін сипаттайды; 4) $m = 3$ мәнінде $\omega = -1$ алынған шешім күңгірт энергия моделіне сәйкес келеді.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы.

Диссертацияда көрсетілген әдістер нақты космологиялық модельдерді құруда және оларды бақылау деректері бойынша салыстыруға, яғни теориялық және эксперименттік космологияда қолдануға бағытталған. Сондай-ақ алынған нәтижелерді Әлемнің үдемелі ұлғаю модельін құруда, сонымен қатар жоғарғы оқу орындарында физика мамандығын оқытуда пайдалануға болады.

Нәтижелердің сенімділігі мен негізділігі.

Диссертациялық жұмыстың нәтижелерінің сенімділігі мен негізділігі импакт-факторы жоғары шетел журналдарында, Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғарғы білім министірлігінің Ғылым және жоғарғы білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті (ҒЖБМ ҒЖБССҚК) ұсынған басылымдарда және халықаралық ғылыми конференциялар материалдарында жариялымдардың бар болуымен расталады және алынған нәтижелер бақылау деректерімен сай келеді.

Автордың жеке үлесі.

Ғылыми-зерттеу жұмыстарын орындау барысында автор ғылыми кеңесшілердің жетекшілігімен жұмыстың барлық кезеңдеріне тікелей қатысты: есептеулерді жүргізді, анықталған шешімдердің графиктерін тұрғызды, мақалаларды дайындады.

Диссертациялық жұмыстың апробациясы.

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер келесі ғылыми конференциялар мен семинарларда баяндалды:

– 15-ші Халықаралық ғылыми конференция «Marcel Grossmann Meeting» (MG15) -Рим, Италия. – 2018ж., 1-7 шілде;

– 8-ші Халықаралық ғылыми конференция «International Conference on Mathematical Modeling in Physical Sciences» (IC-MSQUARE 2019) - Братислава, Словакия. – 2019 ж., 26-29 тамыз;

– III -ші Халықаралық ғылыми конференция «Astrophysics, Gravity and Cosmology» – Астана, Қазақстан. – 2016 ж., 30 қараша - 2 желтоқсан;

– XI Халықаралық ғылыми конференция «Ғылым және Білім – 2016» – Астана, Қазақстан. – 2016 ж., 14 сәуір;

–Халықаралық ғылыми конференциясы «Ломоносов – 2018». – Астана, Қазақстан. – 2018 ж., 20-21 сәуір.

Сонымен қатар, алынған нәтижелер Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Жалпы және теориялық физика кафедрасында, Еуразиялық халықаралық теориялық физика орталығының семинарларында және Калифорния мемлекеттік университетінің физика кафедрасының семинарларында (Фресно қ. АҚШ) талқыланды.

Жарияланымдар.

Диссертациялық жұмыс нәтижелері бойынша 20 баспа жұмысы, оның ішінде импакт-факторы жоғары шетелдік журналдарда 1 мақала; шетелдік ғылыми конференцияларда 5 мақала жарияланды және ҒЖБМ ҒЖБССҚК ұсынған мерзімді басылымдарда 3 мақала; ҚР-дағы халықаралық конференция материалдарында 5 мақала және 3 тезис, 3 мақала ҚР-ның ғылыми басылымдарында жарияланды.

1. Bekov S., Myrzakulov K., Myrzakulov R., Gómez D.S.-C. General slow-roll inflation in $f(R)$ gravity under the Palatini approach// Symmetry.- 2020. - Vol. 12. - P. 1–13. (Q2)

2. Myrzakulov K., Bekov S., Myrzakulov R. Some cosmological solutions of $F(R)$ gravity with f -essence // Proceedings of the «Marcel Grossmann Meeting XV» Meeting on General Relativity, University of Rome «La Sapienza». — Italy. — 2018. ISBN 978-3-030-83714-3.

3. Myrzakulov N., Bekov S., Myrzakulov K. Cosmological model of $f(T)$ gravity with fermion fields in (2+1) dimensions // Proceedings of the «Marcel Grossmann Meeting XV» Meeting on General Relativity, University of Rome «La Sapienza». — Italy. — 2018. ISBN 978-3-030-83714-3

4. Myrzakulov N., Bekov S., Myrzakulova S., Myrzakulov R. Cosmological model of $f(T)$ gravity with fermion fields via Noether symmetry// Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1391.

5. Myrzakulov Y., Bekov S., Myrzakulov K. Noether symmetry approach in $f(T, B)$ teleparallel gravity with a fermionic field// Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 2090. – P. 12058.

6. Tsyba P., Razina O., Bekov S., Barkova Z., Myrzakulov, R. Scenario of the evolution of the universe with equation of state of the Weierstrass type gas// Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1391. – P. 12162.

Диссертация тақырыбының ғылыми жұмыс жоспарларымен байланысы. Диссертациялық жұмыс мемлекеттік бюджеттен қаржыландыратын ҚР ҒЖБМ 2022-2024 жылдарға арналған «Жас Ғалым» бағдарламасы бойынша жүзеге асырылды. Жобаның тақырыбы: AP14972745 «Нетер теоремасын қолдану арқылы скаляр және фермиондық өрісті космологиялық модельдерді зерттеу».

Диссертациялық жұмыстың құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс 20 суреттен, 337 формуладан, 1 кестеден, 153 әдебиеттер тізімі мен 108 бетті қамтиды.