

Мырзакулов Нургиса Ансатбаевичтың
6D060400-Физика мамандығы бойынша философия докторы (PhD)
дәрежесін алуға ұсынылған диссертациясына «**Брадионды және тахионды
өрісті ерте және кеш Ғаламның космологиялық модельдері**»
диссертациялық жұмысының

АННОТАЦИЯСЫ

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Қазіргі уақытта заманауи физиканың шешілмеген мәселелерінің қатарында Ғалам дамуының ерте және кеш дәуірлерін қосуға болады. Қазіргі уақытта Үлкен жарылыс болған соң, шамамен 15-20 млрд жылдан соң Ғалам, үдемелі ұлғайған кезде пайда болды деп саналады. Ғаламның мұндай ұлғаю кезеңі ерте кездегі Ғаламның даму дәуірі ретінде белгілі және де сол кезден бастап тоқтаусыз ұлғайып және суып келеді.

Үлкен жарылыс моделі 1940 жылдары Дж. Гамов және оның қызметкерлері Р. Альфер және Р. Герман жұмыстарынан бастау алады. Болжау ретінде, біздің Ғаламдағы барлық бөлшектер космологиялық шығу тегін қарастыратын болсақ, онда кезінде тығыз және ыстық болған ерте кездегі Ғалам қазіргі кезге дейін ұлғаяды және суиды. Бұның салдары ретінде бірнеше кельвинді температурасы бар қалдық фонды сәулелену бар болып, одан араға 16 жыл салып микротолқынды фонды сәулелену ашылды. Бірақ бұл біздің Ғаламымыздың ірімасштабты біртектілігі және изотроптылығы мәселесі мен жазықтық мәселесін түсіндіре алмады. Бұл мәселе бақылау мәліметтері бойынша Ғаламның орташа тығыздығы критикалық тығыздыққа жақын болуы қажет етеді.

Аталған мәселелерді шешу үшін 1981 жылы А.Гут инфляциялық моделді ұсынып, оны кейінірек А. Старобинский, А. Линде, В. Муханов және басқалар дамытқан. Қазіргі кезде осы модель жоғарыда келтірілген Үлкен жарылыс моделдері мәселелерін түсіндіруші теория болып табылады. Дегенмен инфляциялық механизмді тексеру кезінде бірқатар мәселелер кездеседі. Бұдан басқа, бізге белгілі болатындай, инфляция кезеңінен кейін Ғалам босап қалады, ал Ғаламдағы барлық материялар кванттық процесстер нәтижесінде қайта пайда болады. Сонымен, Ғалам инфляцияның соңғы кезеңдерінде пайда болған кванттық ауытқуларынан құрылды. Ерте Ғаламда скаляр өрістің барлық кванттық ауытқуларының толқын ұзындықтары экспоненциалды заңдылықпен артады. Ауытқу толқын ұзындығы H^{-1} - ден артық болған кезде ол осциляциясын тоқтатады және гравитациялық өрістің теңдеуіндегі $3H\dot{\phi}$ тұтқыр мүшесінің себебінен $\delta\phi$ нольдік емес шамасының амплитудасы бәсеңдейді. Алдағы уақытта күлтілдеу амплитудасы өзгермейді, себебі оның толқын ұзындығы экспоненциальды түрде өзгереді.

Осыған байланысты, вакуумның кванттық эффектілері немесе гравитацияның кванттық эффектілері Ғаламның ерте кездегі дамуында маңызды роль атқаруы керек. Конформды-инвариантты өрістермен (конформды және ізді ауытқулар) байланысқан кванттық эффектілер

Ғаламның ерте кезінде өзекті болады және де Ситтер шешіміне әкеледі. Соңғы бақылаудың көрсеткеніндей, ізді ауытқулар немесе онымен тығыз байланысқан R^2 және T^2 гравитациялары инфляциялық теория роліне үміткер болуы мүмкін. Осындай өзгертулер бірқатар зерттеушілерді R^2 және T^2 инфляцияны меңгеруге жұмылдырады.

Инфляциялық кезең аяқталғаннан соң Фридман моделімен сипатталатын кезең басталып, онда төртөлшемді кеңістік-уақыт жазық, біртекті және изотропты деп қарастырылады. Ғаламның өлшемінде барлық кеңістікті бағыттар және оңаша бөліктері эквивалентті деп кеңістік-уақыттың осындай біртектілі мен изотроптылығы Коперниктің принципін космологиялық принципке дейін кеңейтуге мүмкіншілік береді.

XX ғасырдың соңында Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) эксперименталды мәліметтерді, сонымен қатар аса жаңа Ia түріндегі бақылау мәліметтерін бірігіп талдау нәтижелері қазіргі кезде Ғаламның үдемелі ұлғаюын көрсетті. Бұл эффектін кеш уақыттағы Ғаламның инфляциясы деп атады. Осы бақыланған үдемелі ұлғаю қазіргі кезде Ғаламда күңгірт энергия деп аталатыны тұжырымдалады. Бұл энергияны теріс қысымды біркелкі таралған зат деп түсінуге болады. Күңгірт энергия, немесе неге ағымдағы Ғаламның үдемелі ұлғаюы мәселесі заманауи физиканың фундаменталды мәселесі болып саналады.

Космологиялық контекстінде күңгірт энергияны жалпы салыстырмалы териясына енгізудің бір әдісі – вакуумның қасиеттерін сипаттаушы физикалық тұрақты шамаға ие болған Эйнштейннің өзі енгізген космологиялық тұрақты Λ . Оның өріс теңдеулері кеңістікті біртекті статикалық шешімге ие болады.

Күңгірт мәселесін шешудің тағы да басқа жолдары скалярлы (квинтэссенция немесе фантом) моделдер, күрделі күй теңдеуіне ие болған күңгірт сұйық, күрделі фермионды өріс теориясы, абельдік немесе абельдік емес векторлы өрістер, ішектер теориясы/М-теория, жоғары өлшемді кеңістік және т.б. Дегенмен, бірқатар әрекеттерге қарамастан күңгірт энергияның пайда болуын түсіндіруші қаннағатанарлықтай тұжырым жоқ. Ол космологиялық параметрлердің мәндері жоғары дәлдікпен анықталмаған және олардың дамуы жайлы аз белгілі.

Көп жағдайларда ғарыштық материяның түрін анықтау үшін қысым мен энергия тығыздығы арасындағы қатынасты сипаттаушы күй теңдеуі параметрі деп аталушы параметрді қолданады, ол келесі түрде жазылады

$$\omega = \frac{p}{\rho},$$

мұндағы ω – күй теңдеуі параметрі. Соңғы астрофизикалық бақылаулар бойынша күңгірт энергия үшін күй теңдеуі параметрі $\omega = -1$ ұмтылады және келесідей аралықта жатады.

$$\omega = -1.13_{-0.25}^{+0.23}$$

Күй теңдеуі параметрінің аралығы үш түрлі нұсқада көрсетіледі $\omega > -1$, $\omega = -1$ және $\omega < -1$.

Гравитацияның модификацияланған теориясы біздің Ғаламды сипаттайтын әсерге әртүрлі өрістерді енгізудің баламасы болады. Гравитацияның модификацияланған теориясы ретінде ерте кездегі инфляцияны түсіндіретін мысал ретінде Старобинский моделі немесе R^2 - гравитациясы саналады.

Телепараллель гравитация - трансляция тобы (параллельді ауысу) үшін калибрлі теорияға сәйкес келеді. Ең бірінші рет телепараллель гравитацияны Эйнштейннің өзі ұсынған. Параллельді ауысудың спецификалық сипатын өз ішіне алатын кез-келген калибрлі теория, қарапайым ішкі калибрлі моделдерден көп жағдайларда айырмашылығы болады, және осы өріс үшін тетраданың болуы оның ерекшелігі саналады. Басқаша айтқанда, өріс тетрадасы, табиғи түрде Вейценбок сызықтық байланысын анықтау үшін қолданылады. Вейценбоктың сызықтық байланысы қисықтықты емес, ширатуды анықтайтын байланыс. Сондай-ақ, тетрадты өріс риман метрикасын анықтаушы Леви-Чивита байланысы арқылы да құрылуы да мүмкін. Айта кететін жайт, тривалды тетрадты өрістің калибрлі теорияда болуы телепараллельді және риман құрылымдарын кеңістік-уақытта бір уақытта индукциялайды. Біріншісі Вейценбок байланысымен, ал екіншісі Леви-Чивита байланысына тәуелді. Гравитациялық әсерлесудің әмбебаптығы нәтижесінде осы геометриялық құрылымды гравитацияда байланыстыруға болады.

Телепараллель гравитация контекстінде қисықтық пен ширату гравитациялық әсерлесуді сипаттауды қамтамасыз етеді. Бірақ олардың арасында айырмашылықтар бар. Жалпы салыстырмалы теорияға сәйкес қисықтық кеңістік-уақытты геометриялау үшін қолданылады, сонымен қатар гравитациялық әсерлесуді ойдағыдай сипаттайды. Басқаша айтқанда, телепараллель гравитацияда ширату гравитацияның атрибуты болады да, бұл жағдайда ширату әсердің геометризациясын емес, гравитацияны ескеріп гравитациялық күш ретінде әсер етеді.

Х.А. Бухдаль 1970 жылы Эйнштейн-Гилберт әсеріндегі лагранжианды қисықтық скалярының функциясы $F(R)$ арқылы өзгертуді ұсынды. Бұл гравитацияның модификацияланған теориясы инфляция, күңгірт энергия, космологиялық ұйытқу, сфералық - симметриялық шешімдерге қолданылды. $F(R)$ гравитацияның қозғалыс теңдеуін қорыту үшін екі формализм бар. Біріншісі стандартты метрикалық формализм, мұнда әсер метрикалық тензор g_{ik} арқылы вариацияланады. Бұл формализмде аффинді байланыс Γ_{jk}^i метрикалық тензорға g_{ik} тәуелді. Палатини формализмінде g_{ik} және Γ_{jk}^i әсерді вариацияланғанда бір-біріне тәуелсіз айнымалылар ретінде қарастырылады. Бұл екі әдіс әртүрлі гравитациялық теңдеулерге әкеледі. Бірақ жалпы салыстырмалы теориядағы әсер үшін олар ұқсас келеді.

Басқаша, соңғы екі онжылдықта Ғаламның дамуында гравитация теорияларын модификациялау үшін көптеген жұмыстар жасалды. Сондай-ақ, гравитация теорияларында қайта нормалау мәселесін жеңілдетті. Көптеген жұмыстар кеңістіктің қисықтығы, сонымен қатар Эйнштейн-Гильберт әсерінің модификациясы негізінде зерттелген. Осыған қоса жалпы салыстырмалы теориясына телепараллелді эквивалентін қарастыруға болады. Оның қарапайым түрі - $F(T)$ гравитация.

Жалпы салыстырмалы теориясына телепараллелді эквиваленті жалпы салыстырмалы теориясының теңдеулері ұқсас. Бірақ $F(T)$ гравитацияның теңдеуі $F(R)$ гравитациясына ұқсамайды. $F(T)$ гравитациясының теңдеуі 2-ші ретті теңдеу, ал $F(R)$ теңдеуі 4-ші ретті теңдеу болып саналады.

Гравитацияның модификацияланған теориясында тағы бір түрі $F(R, T)$ гравитациясы. Мұнда R қисықтық скаляры және T ширату скаляры. $F(R, T)$ гравитациясы $F(R)$ және $F(T)$ гравитацияларының біріккен түрі.

Элементар бөлшектер физикасында барлық элементар бөлшектер жылдамдықтары бойынша келесідей бөлінеді:

– брадиондар - жарық жылдамдығынан баяу қозғалатын тыныштық массасының мәні нөлге тең емес барлық элементар бөлшектер;

– люксондар - жарық жылдамдығымен қозғалатын тыныштық массасы жоқ барлық элементар бөлшектер. Оларға фотондар, глюондар және гравитондар жатады;

– тахиондар - вакуумда жарық жылдамдығынан да үлкен жылдамдықпен қозғалатын және кіші массаға ие элементар бөлшектер.

Брадиондық өріс ретінде, дербес жағдайларда кәдімгі скалярлық және фермиондық өрістер қарастырылады. Соңғы уақытта скалярлы және фермионды өрістер космологияда белсенді түрде зерттеліп жатыр. Қазіргі таңда үдемелі ұлғаюдың ерте және кеш кезеңдерін қанағаттандыратындай модельдерді анықтау зерттеулердің объектісі болып табылады. Ең танымал модельдер скалярлық өрістің гравитациямен минималды және минималды емес байланысы болып табылады. Олар инфлатон мен күңгірт энергияның ролін атқарады. Сондай-ақ, фермионды өрістер үдемелі кезеңге жауапты болуы мүмкін. Фермионды модельдер космологиялық тұрақтыны немесе скалярлық өрісті енгізбей-ақ, ерте кездегі инфлатонның және кеш кездегі күңгірт энергияның ролінде бола алады.

Тахион түсінігі 50 жыл ішінде жарық жылдамдығынан артық жылдамдықпен қозғалатын элементар бөлшек ретінде белгілі. Бірақ кәзіргі уақытқа дейін бұл бөлшектің бар-жоқтығы жайлы эксперименттік дәлел болмай отыр. Сонда да гипотеза жалпы салыстырмалы теорияға ғана емес, жалпы физика үшін де жемісті болды. Бранды және ішекті тербеліс кезіндегі тахионды модельдер бозондық теорияларда және суперішекті фундаменталды әсерлесулерде ұзақ уақыт бойында талқылануда. Тахиондық өрістер Ғаламның ерте және кеш кезеңдерінде күңгірт энергия ретінде де қарастырылып келеді.

Ядролық физика, элементар бөлшектер физикасы, астрофизика және

космология арасын тығыз байланыстырған нейтрино болып есептеледі. Қазіргі таңда, массивті нейтрино күңгірт материя роліне жалғыз үміткер болып табылады. Күндік, атмосфералық, реакторлық және үдеткіш нейтрино бойынша эксперименттер нейтриноның тербелісін тұжырымдап, нейтриноның нөлдік емес массаға ие және абсолютті мәні болмайтыны дәлелденді. Бұл стандартты модель сыртындағы жаңа физиканың дәлелі болып табылады.

Диссертацияның өзектілігі гравитацияның модификациялық теориясы аясында брадионды және тахионды өрісті Ғаламның ерте және кеш кезеңдеріндегі мәселелерді зерттеуімен дәлел бола алады. Мұнда ізді ауытқулардың әсерінен жаңа космологиялық модельдерді зерттей отырып Ғаламның дамуын меңгеру басты мақсат болып табылады.

Жұмыстың өзектілігі - заманауи астрономиялық мәліметтерге қарсы келмейтін Ғаламның ерте және кеш кезеңдері бойынша жаңа космологиялық модельдердің алынуы.

Диссертациялық зерттеудің мақсаты және ғылыми нәтижелері. Модификациялық гравитацияның аясында, материяның әртүрлі түрлерімен әсерлесетін ерте және кеш Ғаламның жаңа космологиялық модельдері теорияларын зерттеу және құрастыру

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер

– Гравитацияның модификацияланған $F(T)$ моделінде шешімнің тқа әкелетін космологиялық тұрақтысымен инфляциядағы конформды аномалия ролі зерттелді. де Ситтер инфляциясы $F(T)=T^2 + AT + Be^{\frac{T}{T_0}}$, $F(T)=T + T^2$ және $F(T)=\beta T^n$ модельдерінде орындалатыны көрсетілген. Зерттеліп отырған инфляция модельдерінде конформды аномалия себебінен шешімнің тұрақсыз болатыны белгілі болды. $F(T)=T + T^2$ жағдайында тұрақты емес конформды аномалия индукциялануы үшін космологиялық тұрақты аз болуы қажет;

– Жазық, біртекті және изотропты ФРУ метрикасы үшін фермиондық өріспен минималды байланысты $F(T)$ гравитацияның моделі зерттелді. Сондай-ақ, (2+1) -өлшемді кеңістік үшін скалярлық және фермиондық өріспен байланысы гравитацияның $F(T)$ моделі зерттелді. Нетер теоремасы арқылы осы модель үшін нақты космологиялық шешім табылды.

– Модификацияланған миметик $F(R)$ - гравитация қарастырылды, мұндағы, қисықтық скаляры R метрикалық тензорға және скалярлық өріске тәуелді. Масштабты фактор мен скалярлық өріс үшін қозғалыс теңдеулері қорытылып шығарылды. Алынған де Ситтер шешімдері тұрақты екені көрсетілді.

– k -эссенциялы $F(R)$ гравитация зерттелді. Гравитация мен материя өрісі арасындағы минималды емес байланыс қарастырылды. Берілген модель үшін Эйнштейн теңдеуі алынды. Симметрия генераторлары үшін дербес жағдай қарастырылып, космологиялық шешім алынды.

– Нетер теоремасымен гравитацияның $F(R, T, X, \phi)$ моделі үшін лагранжиан қайта қалыптастырылды. Осы модель үшін R , T және X

компоненттерінің бірімәнділігі көрсетілген.

– Тахионды өріс пен массивті нейтрин материясымен минималды емес байланысы үшін жүйе зерттелді. Масштабты шешім болуы үшін осы жүйе потенциалының $V = \phi^{-2}$ түрі зерттелді. Сондай-ақ, ішек теориясындағы экспоненциалды потенциал қарастырылды. Бұл жағдайда шешім масштабты болады және күңгірт материяға ұқсас шешім кеш уақыттағы жүйенің аттракторы болады.

Зерттеу объектісі. Әртүрлі космологиялық модельдердегі Ғаламның дамуы.

Зерттеудің пәні. Ғаламның күңгірт энергиясымен инфляцияның доминанты дәуірін сипаттайтын материяның гравитациялық теңдеулерінің космологиялық шешімдері

Зерттеудің ғылыми жаңалығы.

– Конформды ауытқулы $F(T)$ гравитация аясында Ғаламның моделі;

– Скалярлы және фермионды өрісті $F(T)$, $F(R)$ и $F(R,T)$ гравитациялары аясында Ғаламның моделі.

– Массивті нейтриналдық материялы минималды емес байланыстағы тахионды өрісті Ғаламның моделі

Зерттеудің міндеттері. Диссертациялық жұмыстың негізгі міндеттері келесідей:

– Гравитацияның модификацияланған теориясы аясында Ғаламның ерте және кеш үдемелі ұлғаюын сипаттайтын космологиялық шешімдерді алу. Конформды ауытқу эффектісін зерттеу;

– Модификацияланған $F(T)$ гравитациясы аясында фермионды өріс қарастыру және Нетер симметриясы әдісі арқылы алынған космологиялық шешімдердің күңгірт энергияны сипаттайтынын көрсету;

– Гравитацияның миметик $F(R)$ теориясында де Ситтер шешімі тұрақты болатынына көз жеткізу;

– Фридман-Робертсон-Уокер кеңістік-уақытында тахионды өрісті массивті нейтрино материясымен минималды емес жағдайын қарастыру. Алынған шешімдерді бақылау мәліметтерімен салыстыру.

Қорғауға шығарылатын нәтижелер.

– Жазық, біртекті және изотропты Фридман-Робертсон-Уокер кеңістік уақытында $F(T)$ гравитациясы аясында конформды ауытқуды ескерген жағдайда де Ситтер шешімінің тұрақсыздығына әсері көрсетілді. Ғаламның инфляциялық кезеңінің аяқталуына әкелетін шешімнің тұрақсыздығы анықталды;

– Скалярлы және фермионды өрісті $F(T)$ и $F(R)$ гравитацияларының модификацияланған теориясы аясындағы кеш Ғаламның космологиялық моделі зерттелген. Скалярлы және фермионды өрістердің күңгірт энергия ролінде болып үлкен үзілісі көрсетілген;

– Тахионды өріс массивті нейтрино материясымен минималды емес байланысқан моделі қарастырылған. Тахионды өрістің кері квадратты потенциалы үшін масштабты шешімдері алынды. Сонымен қатар, ішектер

теориясындағы экспоненциальды потенциал үшін модель менгерілді. Нормаланған Хаббл параметрі тұрғызылды және нәтижелер бақылау мәліметтерімен салыстыру жүргізілді.

Алынған нәтижелердің тәжірибелік маңыздылығы.

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер теориялық сипатқа ие. Оның нәтижелері гравитацияның модификацияланған теориясы аясында скалярлы-фермионды және тахионды өрісімен ерте және кеш Ғаламның кезеңінде космологиялық модельдерін құруда қолданылуы мүмкін.

Ізденушінің қосқан жеке үлесі.

Зерттеуді орындау барысында диссертант ғылыми кеңесшілерінің жетекшілігімен жұмыстың барлық деңгейлерінде тікелей қатынасып отырды, барлық есептеулерін жасады, табылған шешімдердің график кескіндерін жасады, мақаланы жариялауды жеке дайындады.

Диссертация нәтижелерінің апробациядан өтуі.

Диссертациялық зерттеудің негізгі мазмұны келесі конференцияларда баяндалып талқыланған:

- 4th International Conference on Mathematical Modeling in Physical Sciences (IC-MSquare2015). Миконос, Грекия, 5–8 маусым 2015 ж;
- ҰҒА академигі Такибаев Нургали Жабагаевичтің 70 жылдығына арналған халықаралық конференция, 21-22 ақпан 2014 ж;
- Ғылым және білім – 2014. Студенттер мен жас ғалымдардың IX Халықаралық ғылыми конференциясы, Астана – 2014.
- Ғылым және білім – 2016. Студенттер мен жас ғалымдардың XI Халықаралық ғылыми конференциясы, Астана – 2016.

Сондай-ақ, зерттеудің нәтижелері Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, жалпы және теориялық кафедрасы мен Еуразия халықаралық теориялық физика орталығында семинарларында, ғарыштық зерттеулер институтында (Испания) және Калифорния мемлекеттік университетінің физика департаментінде (АҚШ) талқыланды.

Жарияланымдар.

Диссертациялық жұмыстың нәтижесі бойынша 10 жұмыс жарияланған болып, олардың ішінде: Thomson Reuters базасына енетін жоғары импакт-факторлы журналдарда 2 мақала; ҚР БЖҒМ білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған Қазақстан Республикасының мерзімдік баспаларында 3 мақала; 1 мақала 4th International Conference on Mathematical Modeling in Physical Sciences шетелдік конференциясында баяндалып Journal of Physics: Conference Series журналында жарияланды. 4 мақала Қазақстандағы халықаралық конференцияларда жарық көрген.

Диссертацияның құрылымы және көлемі. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 3 бөлімнен, қорытынды және 290 тізімнен тұратын қолданылған дерек көздерінен тұрады, 102 бетті компьютерлік текстінен құралған болып, өз ішіне 6 сурет пен 2 кестені алады.