

6D060400 - «Физика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін ұсынылған Ергалиева Гульмира Темирешевнаның
«Гравитация және қара құрдым теорияларының жалпыланған модельдері»
диссертациялық жұмысы бойынша

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Гүлмира Темирешевна Ергалиеваның «Гравитация және қара құрдым теорияларының жалпыланған модельдері» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы космологиялық зерттеулер мен қара құрдымдарды зерттеуді біріктіретін қазіргі теориялық физиканың өзекті мәселелеріне арналған. Атап айтқанда, автор гравитацияның моификацияланған теорияларын және олардың космологиялық салдарын, сондай-ақ әртүрлі гравитациялық модельдердегі тұрақты (сингулярлық емес) қара құрдымдардың қасиеттерін қарастырады.

Жұмыс үш негізгі бағытты қамтиды: Квазистационарлық космологиялық модель (QSC) және оны заманауи космология мәселелеріне қолдану; Қара құрдым көлеңкелері теориясының бөлігі ретінде Anti-de Sitter кеңістігінде (5D RN AdS) бес өлшемді Reissner-Nordström қара құрдымының көлеңкелерін зерттеу; Модификацияланған Эйнштейн-Гаусс-Бонне (EGB) гравитациясының шеңберіндегі Бардин-Янг-Миллс қара құрдымы термодинамикасы мен фазалық ауысуы. Бұл зерттеулер гравитацияның іргелі аспектілері туралы түсінігімізді дамытып қана қоймайды, сонымен қатар астрофизика мен космологияда әлеуетті қолданбаларға ие.

Зерттеу өзектілігі

Космологиялық контекст

Бұл мақала заманауи космологиядағы бірқатар өзекті сұрақтарға жауап береді. Біріншіден, Хаббл тұрақтысыны H_0 өлшенген мәндеріндегі сәйкессіздік мәселесі қарастырылады: әртүрлі әдістер (локальды қашықтыққа негізделген әдістермен салыстырғанда ғарыштық микротолқынды фонның сәулеленуіне негізделген) Хаббл параметрінің өзара эксклюзивті бағалауын береді, олардың арасындағы сәйкессіздік статистикалық маңызды $(4-6\sigma)$ және қазіргі Λ CDM -моделінің толық еместігі. Автор ұсынған квазистационарлық космологиялық модель осы қайшылықты жеңілдетуге бағытталған. Тербелмелі масштаб коэффициенті бар Ғалам кеш космологияның бақылау шектеулерін қанағаттандыруға және сонымен бірге кеңеюдің циклдік сипатына байланысты H_0 жоғары жергілікті мәнін түсіндіруге қабілетті екендігі көрсетілген. «Фантомдық шекараны» (белгілі бір дәуірлердегі $\omega \leq -1$ күйдің тиімді тендеуі) кесіп өту арқылы мұндай модель бақылауларға сәйкестендіру үшін арнайы қосымша өрістерді постулатудың қажетінсіз ағымдағы дәуірде жеделдетілген кеңеюді қамтамасыз етеді, осылайша күңгірт энергияның стандартты тұжырымдамасына балама ұсынады. Екіншіден, күңгірт энергияның табиғатын зерттеу физиканың ең үлкен құпияларының бірі болып қала береді (Ғаламның үдемелі ұлғаюының физикалық мәні белгісіз). Баламалы гравитациялық

модельдерді (мысалы, квазистационарлы Ғаламмен) қарастыру күнгірт энергия туралы түсінігімізді нақтылау үшін үлкен маңызға ие.

Қара құрдым және гравитация

Жұмыстың екінші бөлімі гравитацияның жалпыланған теорияларындағы қара құрдымдарға арналған, бұл да өте өзекті. Тұрақты қара құрдымдар (орталық сингулярлықсыз шешімдер) кванттық гравитация мен қара құрдым космологиясының маңызды бағыты болып табылады. Бұл түрдегі алғашқы тарихи шешімді 1968 жылы Дж.Бардин ұсынған болатын, содан бері тұрақты метрика сингулярлықсыз түпкілікті күйреудің ықтимал үлгілері ретінде қарастырылды (Сахаров пен Глайнердің мүмкін болатын қара құрдымның Планк өзегі туралы идеяларына сәйкес).

Автор тұрақты Бардин қара құрдымын және олардың EGB гравитациясындағы Ян-Миллс өрісімен жалпылауын зерттейді. EGB теориялары және басқа модификациялар (5D RN AdS жағдайында қосымша өлшемді қоса) ішектер теориясының тиімді шектері ретінде немесе жоғары энергиядағы гравитацияның түсіндіретін модельдер ретінде дәлелденген, сондықтан бұл теориялардағы шешімдерді зерттеу негізгі маңызды болып табылады. Жұмыс өзектілігін қара құрдым астрономиясының бақылау саласының дамып келе жатқан саласы күшейтеді. 2019-2022 жылдары қара құрдым көлеңкелерінің алғашқы суреттері алынды, сондықтан қара құрдым көлеңкелерін теориялық модельдеу жалпы салыстырмалы астрономияны құру және сынау үшін арналған жұмыс болып табылады.

Бұл диссертацияда RN-AdS бес өлшемді зарядталған қара құрдым көлеңкесі зерттеледі - бұл көлеңкелер бойынша классикалық белгілі нәтижелерді (бұрын негізінен 4 өлшемді Kerr метрикасы үшін зерттелген) басқа өлшем және космологиялық тұрақтының болуы жағдайына дейін кеңейтеді. Тұтастай алғанда, жоғарыда аталған бағыттардың барлығы H дивергенциясы, күнгірт энергия, тұрақты қара құрдымдар, қара құрдым көлеңкелері – заманауи зерттеулердің негізі болып табылады, бұл жұмыстың жоғары өзектілігін растайды.

• Диссертацияның ғылыми жаңалығы жөнінде жетістіктерден тұрады: Λ CDM, Раднорн және BAO деректері арасындағы келісім бойынша Хаббл параметрінің 1σ деңгейге дейін төмендететін модель әзірленді. Модель CDM-ден өзгеше тербелмелі масштаб коэффициентін енгізеді $a(t) = \exp(t/P)[1 + \eta \cos(2\pi t/Q)]$ және $w_{DE} < -1$ фантомдық фазаны Λ CDM қосымша болжамдарсыз түсіндіреді.

• Бес өлшемді RN AdS қара құрдымының көлеңкесі: Бес өлшемді AdS кеңістігіндегі RN қара құрдымының көлеңкесі плазмалы және плазмасыз ортада талданады. Көлеңке радиусы заряд пен космологиялық тұрақты өскен сайын азаяды, бірақ плазма болған кезде өседі.

• EGB гравитациясындағы Бардин қара құрдымының термодинамикасы: EGB гравитациясындағы Бардин қара құрдымының

термодинамикалық қасиеттері зерттелді, заңдылық (сингулярлықтың жоқтығы), екі горизонттың болуы және фазалық ауысулар көрсетілген.

- **Бардин-Янг-Миллс қара құрдымдары:** EGB гравитациясындағы Бардин қара құрдымының сингулярлықсыз шешімі алынды және AdS/CFT сәйкестігі шеңберіндегі фазалық құрылымы зерттелген. AdS кеңістігінде сызықты емес электродинамикасы бар EGB-дегі тұрақты Бардин қара құрдымының нақты шешімі ұсынылған. Термодинамика, соның ішінде Хокинг температурасы, энтропия, жылу сыйымдылығы және Гиббс бос энергиясы талданады және Ван-дер-Ваальс сұйықтықтарымен ұқсастығы көрсетілген.

Жұмыстың мақсаты: негізгі космологиялық және физикалық мәселелерді шешу үшін жалпыланған гравитация модельдерін және қара құрдым теорияларын зерттеу болып табылады. Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

- Ғаламның үдемелі ұлғаюын және Хаббл параметрі шиеленісінің төмендеуін түсіндіру үшін QSC моделін әзірлеу.

- Өртүрлі ортадағы 5D RN AdS қара құрдымының көлеңкесін талдау.

- Бардин және Бардин-Янг-Миллс қара құрдымының термодинамикасын EGB-да зерттеу.

- Фазалық ауысуларды анықтау және оларды AdS/CFT контекстінде түсіндіру.

- Сызықты емес электродинамикасы бар EGB гравитациясында кәдімгі Бардин қара құрдымының нақты шешімін алу.

Барлық тапсырмалар толық көлемде орындалды, бұл зерттеудің жүйелі және мақсатты сипатын көрсетеді.

Диссертацияның нәтижелері келесі бағыттар үшін практикалық маңызы бар:

Космология: QSC моделі Ғаламның үдемелі ұлғаюын түсінудің жаңа тәсілін ұсынады және оны Планк пен Евклид сияқты ғарыш миссияларынан алынған деректерді түсіндіру үшін пайдалануға болады.

Астрофизика: Қара құрдым көлеңкелерін және олардың термодинамикалық қасиеттерін зерттеу Оқиға көкжиегі телескопы (ЕНТ) және басқа бақылау құралдарының деректерін талдау үшін қолданылады.

Теориялық физика: әзірленген модельдер өзгертілген гравитация мен көпөлшемді теориялардың дамуына ықпал етеді, сонымен қатар кванттық гравитацияның мүмкіндіктерін ашады.

EGB гравитациясындағы қара құрдымдардың термодинамикалық зерттеулері гравитациялық жүйелердегі фазалық ауысулар мен шекті құбылыстар туралы гипотезаларды тексеру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Диссертацияның әдістемесі аналитикалық және сандық тәсілдерді біріктіреді. **Жұмыста келесі әдістер қолданылды:**

- **Аналитикалық әдістер:** Қара құрдым көлеңкелерін зерттеу кезінде фотондардың геодезиялық траекторияларын талдауға арналған Киллинг және

Гамильтон-Якоби теңдеулері.

• **Сандық әдістер:** OHD, Pantheon және ВАО деректерін пайдаланып QSC моделін статистикалық талдау үшін Марков тізбегі Монте-Карло әдісі(MCMC).

• **Термодинамикалық талдау:** Хокинг температурасын, энтропияны, жылу сыйымдылығын және EGB-дегі қара құрдымдар үшін Гиббс бос энергиясын есептеу.

Әдістер автордың математикалық дайындығының жоғары деңгейін және олардың тапсырмаларға сәйкестігін көрсетеді.

Диссертация қатаң ғылыми стильде, құрылымы айқын, мазмұны терең, математикалық дәлдікпен жазылған. Қазіргі заманғы терминология қолданылады, дәйексөздер мен әдебиеттер тізімі халықаралық стандарттарға сәйкес пішімделген. Жұмыс ғылыми тілді меңгерудің жоғары деңгейін және ақпаратты жүйелеу қабілетін көрсетеді.

Жұмыс мемлекеттік стандарт талаптарына сәйкес, құрылымы анық, формулалар мен графиктер дұрыс құрастырылған. Мәтінді оқу оңай, бұл материалды жақсы қабылдауға ықпал етеді.

Автор ғылыми конференцияларға белсенді қатысып, *Annals of Physics*, *International Journal of Modern Physics A*, *Physics of Dark Universe* және *The European Physical Journal Plus* сияқты беделді халықаралық журналдарда мақалалар жариялады. Докторанттың жауапкершілігі, берілгендігі және өз бетімен жұмыс істей білуі оның ғылыми әлеуетін ерекше көрсетеді.

Г.Т.Ерғалиеваның диссертациялық жұмысы дербес, толық және өзіндік ғылыми зерттеу болып табылады. Ол негізгі ғылыми мәселені шешеді - космология мен қара құрдым теориясына қолдануда жалпыланған гравитация модельдерін жан-жақты талдау - бұл физиканың тиісті саласын дамыту үшін үлкен маңызға ие. Жұмыста қойылған барлық міндеттер ойдағыдай орындалып, алынған нәтижелер дәлелденіп, халықаралық басылымдарға шығарылды. Қорытындылардың сенімділігі қатаң математикалық туындымен және белгілі нақты жағдайларға сәйкестігімен расталады, ал ғылыми құндылығы жоғары рейтингі бар журналдарда нәтижелерді жариялау арқылы расталады. Диссертация 6D060400—«Физика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін қойылатын талаптарға сәйкес келеді.

Ғылыми кеңесші:

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің «Жалпы және теориялық физика» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, философия докторы (PhD)

Е.М. Мырзақұлов

