

«8D05306-Физика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD)  
дәрежесін алу үшін диссертациялық жұмысына

**АҢДАТПА**

**Серикболова Альбина Аскарровна**

**Модификацияланған гравитация және Янг-Миллс теорияларындағы  
браналар және монополярлар**

### **Жұмыстың жалпы сипаттамасы**

Диссертациялық жұмыста сызықтық емес спинорлық көзі бар монополиялық объектінің энергетикалық спектріндегі массалық алшақтықты және көп өлшемді кеңістіктегі гипотетикалық астрофизикалық нысандарды-thick branes (қалың браналар) модификацияланған гравитация теориясы аясында зерттеу нәтижелері келтірілген.

### **Тақырыптың өзектілігі**

Қазіргі физикада Әлемнің құрылымы мен эволюциясын түсіну және сипаттау үшін жоғары өлшемдегі кеңістік-уақыттағы Әлемнің модельдерін зерттеу қажеттілігі туындайды. Физиканың әртүрлі салаларында көпөлшемді теорияның кеңінен қолданылуы бар, мысалы, струна теориясы, GUT, космология, атап айтқанда, ол жоғары энергия физикасында әртүрлі мәселелерді шешу үшін өзекті болып табылады, мысалы, масса иерархиясы, протон тұрақтылығы және т.б. Grand Unified Theory (GUT) - гравитациялық, электромагниттік, әлсіз және күшті - барлық іргелі өзара әрекеттесулердің өте жоғары энергияларда бірігуі екені кеңінен белгілі.

Жоғары өлшемдердің кеңістік-уақытын зерттеудің алғашқы идеясын зерттеген Калуца мен Клейн болатын. 1920 жылдары олар гравитациялық және электромагниттік әсерлесулердің нәтижесінде анықталатын Калуца мен Клейннің 5 өлшемді теориясын жасады. Кейінірек кеңістіктің қосымша өлшемдерін талап ететін суперструн теориясы жасалды.

Жоғары өлшемдер кеңістігінің геометриясына көшудің пайдасының тағы бір дәлелі - әртүрлі гипотетикалық іргелі объектілерді талдау және зерттеу мүмкіндігі кеңінен қарастырылады, атап айтқанда: домен қабырғалар мен қалың браналар. Біз көпөлшемді кеңістік-уақытқа (bulk) енгізілген  $n$ -өлшемді гипербеткейлер болып табылатын жұқа қабықта өмір сүреміз деп болжанады. Струна теориясындағы  $D$  - браналар - бұл гипотетикалық іргелі көп өлшемді физикалық нысандар, олар ашық струналар дирихлеттің шекаралық жағдайымен байланысты болады. Бұл нысандар алғаш рет Эйнштейннің тартылыс теориясы аясында болжанған. «Бранадағы әлем» модельдері аясында қарапайым бөлшектердің массаларының иерархиясын табиғи түрде сипаттауға болады, сонымен қатар элементар бөлшектер теориясының басқа да бірқатар мәселелерін шешуге болады.

Жұмыстың бірінші бөлімі модификацияланған  $\mathcal{F}(R)$  теориясы шеңберінде көпөлшемді кеңістік-уақыттағы қалың браналар ( $\mathcal{D}$ -браналар) сипаттайтын гравитациялық теңдеулердің тұрақты шешімдерін қарастырудан тұрады. гравитацияның түрлендірілген теориялары Ғаламның жеделдетілген кеңеюін түсіндіру үшін космологиялық тұрақтыға (немесе қараңғы энергияға) балама ретінде түсіндірілуі мүмкін екенін айта кету керек.

Бұл Ғаламның жедел кеңеюін сипаттауға жаңа көзқарас, өйткені жалпы салыстырмалық теориясының ескі әдістерін қолданбаймыз және оларды өзгертуге тырысамыз. Сондықтан бұл теориялар гравитацияның модификацияланған теориялары (ГМ) деп аталады. Бұл теориялардың ең таңғаларлық ерекшеліктерінің бірі Лагранж тығыздығы енді скалярлық қисықтық  $R$  (ЖСТ) емес,  $\mathcal{F}(R)$  скалярлық қисықтықтың кейбір сызықтық емес функциясы болып табылады.

Жұмыстың екінші бөлімі сызықты емес спинор өрісімен әрекеттесетін абелдік емес Янг-Миллс өрістері тұрғысынан магниттік монополдарды ( $M_s$ ) қарастыруға арналған. Магниттік монополия-бұл нөлдік емес магниттік заряды бар гипотетикалық элементар бөлшек. Магниттік монополдың бар екендігін нақты физикалық растау әлі жоқ. 1931 жылы Дирак бұл мүмкіндікті теориялық түрде көрсетті. Ол симметриялы КЭД-ны магниттік зарядты қосу арқылы симметриялық емес КЭД тұрғысынан салуға болатынын ұсынды. Дирак ұсынған гипотетикалық магнит заряды Дирак монополь деп аталады. Кейінірек Абелдік емес габариттік теориялардағы магниттік монополдарды Герард 'т Хоофт пен Александр Поляков анықтады. Теориялық физикада 'т Hooft-Polyakov монополи Дирак монополине ұқсас, ешқандай ерекшелігі болмады.

90 жыл өтсе де, магниттік монополдың болу мәселесі өзекті және оны шешу үшін көбірек эксперименттер жүргізіліп жатыр. Магниттік монополдың қасиеттерін зерттеудің ерекше маңызы бар, мысалы: магнит өрісінің күші, энергия спектрі. Осылайша, олар физиканың көптеген салаларында, соның ішінде стандартты модельде, GUT, астрофизика және космологиядағы мәселелерде қолданылады.

Бұл жұмыста арнайы унитарлық топ – special unitary group ( $SU(2)$ ) шеңберіндегі сызықтық емес спинорлық өрістердің дублетін қамтитын Янг-Миллс теориясының монополиялық тәрізді шешімдері ұсынылатын болады. Мұндай бөлшектерге ұқсас объектілердің энергетикалық спектрін зерттеу және осы спектрде ғаламдық минимум алу ерекше қызығушылық тудырады. Энергетикалық спектрдегі мұндай минимумды массалық саңылау ретінде қарастыруға болады. Алынған нәтижелерді пайдалана отырып, КХД-дағы күрделі жағдайда массалық алшақтық сипатын түсінуге болады. Массалық саңылау  $\Delta$  - теория бойынша болжанған ең аз масса бөлшектің массасы, вакуумдық және бірінші күйдің энергетикалық саңылауы.

Осы тармақтардың барлығы осы диссертацияда зерттелген іргелі ғылымды дамыту мәселесінің **өзектілігін** айғақтайды.

**Жұмыстың мақсаты**  $\mathcal{F}(R) = -\alpha R^n$  модификацияланған гравитация теориялары шеңберінде көпөлшемді кеңістік-уақыттағы қалың браналардың ( $D$ -браналардың) тұрақты шешімдерін алу және зерттеу, сонымен қатар  $SU(2)$  шеңберінде топологиялық тривиальды монополяр тәрізді шешімдерді зерттеу. Янг-Миллс теориясы спинорлық өрістердің сызықты емес дублеті бар және энергетикалық спектрде минимумның болуын көрсетеді (массалық саңылау).

Осы мақсаттарға жету үшін келесі міндеттерді **шешу** қажет:

–  $\mathcal{F}(R)$ –гравитация теориялары аясында көп өлшемді кеңістіктегі  $D$ -брандарды сипаттайтын жазық-симметриялы шешімдерді алу және осындай объектілердің қасиеттерін зерттеу;

–  $SU(2)$  Янг-Миллс теориясының шеңберінде сызықты емес спинор өрістерінің дублеті бар топологиялық тривиальды моноөріс тәрізді шешімдерді алу;

– осы шешімдердің энергетикалық спектрін зерттеу және оның ғаламдық минимумы (массалық саңылау) бар екенін көрсету;

**Зерттеу объектісі** модификацияланған гравитация теориясы,  $SU(2)$  Янг-Миллс теориясы, ол спинорлық өрістерді және олардағы тұрақты шешімдерді қамтиды.

**Зерттеу пәні.**  $\mathcal{F}(R)$  модификацияланған теориядағы браналар және сызықты емес спинор көзі бар  $SU(2)$  Янг-Миллс монополі.

**Зерттеу әдістері.** Сызықты емес спинор өрістерінің дублеті бар  $SU(2)$  Янг-Миллс теориясының шеңберінде қалың браналарды және монополяр тәрізді шешімдерді сипаттайтын модификацияланған гравитация теорияларының сызықты емес дифференциалдық теңдеулерін зерттеудің сандық және аналитикалық әдістері.

**Ғылыми жаңалығы.** Зерттеудің жаңалығы мен өзіндік ерекшелігі - бұл:

– Модификацияланған гравитацияның теорияларында антидесситориялық (AdS) асимптотикасы бар қалың брандарды сипаттайтын жазық-симметриялы шешімдер алынды;

– сызықты емес спинорлық өрістердің көзі бар жаңа моноөріс тәрізді Янг-Миллс объектілері алынды;

– Мұндай теориядағы массалық саңылаулардың пайда болуының негізгі себебі сызықты емес спинорлық өрістердің дублетінің болуы екені анықталып көрсетілді.

**Қорғауға шығарылатын ережелер:**

1.  $f(R) = -\alpha R^n$  теория қалың брандардың (thick branes) болуына әкеледі, олар антидесситерлік асимптотикамен (AdS), сондай-ақ  $n$  параметрінің  $1 < n < 2$  келесі диапазонында орталығында орналасқан.

2.  $SU(2)$  Янг-Миллс теориясы сызықтық емес спинорлық өрістердің қос көзімен топологиялық үшкілх монополярдік объектінің  $H \sim \frac{M}{r^3}$   $SU(2)$

магнит өрісінің антидесситерлік асимптотикамен болуына әкеледі

3. Сызықтық емес спинорлық өрістердің көзі бар Янг-Миллс монополиясының энергетикалық спектрі энергетикалық спектрде минималды болады (массалық алшақтық) -  $(\tilde{W}_t)_{min} = 5.812$  және  $53.748$ .  $\tilde{E} = 0.955$  кезінде негізгі және энергетикалық алғашқы күй үшін оның пайда болуы Дирак өрістердің сызықтық еместігінің салдары болып табылады.

#### **Зерттеудің теориялық және практикалық маңыздылығы**

Осы диссертацияда алынған нәтижелер біздің ғаламның моделін брандағы әлем ретінде тереңірек түсінуге ықпал етеді. Сонымен қатар, гравитациялық теорияларда алынған тұрақты шешімдер гравитациялық әсерлесуді түсіну үшін қызықты және қажетті міндет болып табылады. Қалың брандар-бұл гипотетикалық Нысандар, оларды болашақта жақсы табуға болады, сондықтан олардың қасиеттерін зерттеу теориялық физикада маңызды міндет болып табылады. Жұмыстың екінші бөлігіне келетін болсақ, Янг-Миллстің SU(2) теориясындағы жаңа монополиялық шешімдер магниттік монополияның табиғаты мен қасиеттерін түсіну үшін жан-жақты жауап беруге бағытталған. Магниттік монополиялар-бұл ұзақ уақыт бойы белсенді зерттелген және ізделетін гипотетикалық бөлшектер. Олардың қасиеттерін зерттеу кванттық электродинамиканың симметрия мәселесіне әсер етуі мүмкін. Сонымен қатар, бұл шешімдер мыңжылдықтың 7 проблемасының бірі болып табылатын "жаппай алшақтық" тұжырымдамасын тереңірек зерттеуге мүмкіндік береді.

**Алынған нәтижелердің сенімділігі мен негізділігі** импакт-факторлары жоғары шетелдік журналдардағы жарияланымдармен және ҚР БҒМ Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған жарияланымдармен, сондай-ақ алыс және жақын шетелдердегі халықаралық ғылыми конференциялардың материалдарының көмегімен зерттелінген.

**Автордың жеке үлесі** диссертацияның барлық көлемін, зерттеу әдісін таңдауды, есептерді шешуді және сандық есептеулерді автор өз бетінше орындайды. Міндеттерді қою нәтижелерді талқылау ғылыми жетекшілермен бірлесіп жүзеге асырылды.

**Басылымдар.** Диссертациялық материалдар негізінде 8 баспа жұмысы жарияланды: Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті (ҚР БҒМ) ұсынған қазақстандық журналдарда 2 жарияланым және 3 мақала Web of Knowledge (Thomson Reuters, АҚШ) және Scopus (Elsevier, Нидерланды) халықаралық ақпараттық ресурсына енгізілген импакт-факторлары жоғары шет елдердің журналдарында; Халықаралық ғылыми конференциялар жинақтарында 3 жұмыс.

**Диссертациялық жұмыстың апробациясы.** Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер баяндалды және талқыланды:

– «Заманауи зерттеулердің өзекті мәселелері» екінші халықаралық ғылыми-тәжірибелік онлайн-конференциясында (2019 ж., Нұр-Сұлтан, Қазақстан).

– «Фараби әлемі» студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференциясында (2020, Алматы, Қазақстан);

– әлемнің 1-ші электронды конференциясында (Онлайн, 22-28 ақпан, 2021, Қытай)

– Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті өткізген Қазақстан Республикасының жоғары оқу орындары арасындағы Республикалық ғылыми-зерттеу конкурсында монополистік шешімдер саласындағы зерттеулер бойынша бірінші орынға ие болды (2021 ж., Ақтөбе, Қазақстан);

– сондай-ақ, халықаралық ынтымақтастық және тағылымдама аясында профессор Ютта Кунцпен (2021 жылғы қарашадан 2022 жылғы ақпанға дейін, Ольденбург, Германия) талқыланды.

**Диссертацияның көлемі мен құрылымы.** Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 4 бөлімдерден, қорытындыдан және 161 атауларды қамтиды 112 негізгі компьютер мәтінінің парақтары, соның ішінде 54 суреттермен және 2 кестемен қамтылған.

**Бұл жұмыстың негізгі нәтижелері мыналар болып табылады:**

– Гравитация теориясының  $f(R) = -\alpha R^n$  бойынша дұрыс жазық симметриялы шешімдер алынды. Физикалық тұрғыдан алғанда, бұл шешімдер  $\text{codim}=1$  болатын қалың брана түріндегі біздің Әлемнің үлгісін білдіреді. Бұл браналардың қасиеттері келесі параметрлерге байланысты тәуелді:  $\gamma$  және  $\delta$  бранның ортасындағы шешімнің қасиеттеріне және  $\alpha$  және  $n$  параметрлеріне, және модификацияланған гравитация теориясының түрін сипаттайды.

– Алынған шешімдерді талдау үшін сәйкес автономды дифференциалдық теңдеулердің фазалық нұсқасы құрастырылады. Нәтижелер брандық шешімдердің AdS асимптотикасы бар екенін көрсетеді.

– Параметрлердің ұлғаюымен  $\alpha, n \rightarrow \infty$  шешімдер осы параметрлердің мәндеріне тәуелді емес шектеулерге бейім.  $T_0^0$  тиімді энергия тығыздығы теріс екендігі және оның  $\gamma, \delta, \alpha, N$  параметрлерінің мәндеріне тәуелділігі зерттелгені көрсетілген.

– Янг-Миллс теориясының  $SU(2)$  шеңберіндегі сызықтық емес спинорлық өрістердің дублеті бар шешімдердің тұрақты соңғы монополярды алынды. Зерттеудің маңызды нәтижесі - энергия спектрінің Ғаламдық минимумы бар, оны пайда болуы сызықты емес спинорлық өріске байланысты жаппай алшақтық ретінде түсіндіруге болады.

–  $H_r^a \sim \frac{2f_\infty}{gr^3}$  радиалды магнит өрісінің асимптотикалық әрекеті 'т Хоофт-Поляков монополярдың кулондық әрекетінен түбегейлі ерекшеленетіні көрсетілген.  $(\tilde{W}_t)_{min}$  массалық саңылауының  $\tilde{g}_\Lambda$  байланыс тұрақтысына тәуелділігі көрсетілді.