«6D060400 – Физика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға арналған диссертациялық жұмысқа

АҢДАТПА

ЖӘМИ БАҚЫТЖАН АСҚАРБЕКҰЛЫ

ЖАЛПЫ САЛЫСТЫРМАЛЫҚ ТЕОРИЯСЫНДА ЫСТЫҚ АЙНАЛМАЛЫ АҚ ЕРГЕЖЕЙЛІ ЖҰЛДЫЗДАРДЫ ЗЕРТТЕУ

Диссертация жалпы салыстырмалылық теориясының (ЖСТ), шекті температураның, ядролық құрамның және айналудың әсеріне баса назар аудара отырып, орнықты ақ ергежейлі жұлдыздардың (АЕЖ) қасиеттерін теориялық зерттеуге арналған.

Зерттеу тақырыбының өзектілігі.

Ақ ергежейлі немесе айныған ергежейлі жұлдыздар – жұлдыз эволюциясының соңғы өнімдері болып табылатын компакты объекттер класстарының бірі. Жалпы, компакты объекттердің негізгі үш класы бар: АҚЖ, нейтрондық жұлдыздар (НЖ) және қара құрдымдар (ҚҚ). Бұл объектілерді олардың үлкен массалары мен шағын өлшемдері, сәйкесінше, жоғары тығыздықтарына байланысты компакты объектілер деп атайды. АЕЖ – массалары $0.07\,M_{\odot}$-нан $8\,M_{\odot}$ дейінгі (кейбір зерттеулерге сәйкес, тіпті $12\,M_{\odot}$ дейінгі) бас тізбектегі жұлдыздардың эволюциясының соңғы сатысы болып табылады. Бұл диапазон біздің Күнді қоса есептегенде, біздің галактикада (Құс жолы) қалыптасқан қарапайым жұлдыздардың (бас тізбектегі жұлдыздардың) басым көпшілігін қамтиды, сондықтан АЕЖ жұлдыз эволюцияның ең көп таралған соңғы өнімі болады. Бас тізбектегі жұлдыз массасының төменгі шегі гелийдің термоядролық синтез рекациясының мүмкін болмайтындығымен байланысты. Егер бас тізбектегі жұлдыздың массасы жоғарғы шектен үлкен болса, ол АЕЖ-ға емес, НЖ-ға айналады. Біздің галактикадағы қарапайым жұлдыздардың 97%-дан астамы эволюциялық циклының соңында АЕЖ-ға айналады деп саналады.

АЕЖ-дар космологиядағы ғаламның кеңеюін Ia типті асқынжаңа жұлдыздардың жарылыстары тұрғысынан түсіну үшін маңызды, өйткені олар біздің галактикамыздың жасы туралы тәуелсіз ақпарат бере алады, ал олардың таралуы жұлдыздардың пайда болу тарихы және содан кейінгі эволюциясы туралы ақпаратты қамтиды. Сонымен қатар, Ia типті асқынжаңа жұлдыздар астрономияда стандартты шам ретінде алыс қашықтықтағы

галактикаларға дейінгі арақашықтықты бағалау үшін және қараңғы энергияның табиғатын зерттеу үшін қолданылады. Ақ ергежейлі жұлдыздардың түпкі тектері бас тізбектегі жұлдыз сатысында көміртекті, азотты және оттегіні жоғалтатындықтан, олар біздің галактикамыздың химиялық эволюциясына айтарлықтай үлес қосады және, бәлкім, тіршілікті қамтамасыз ететін химиялық қосылыстардың маңызды көзі болып табылады. Осылайша, бұл фактілердің барлығы осы докторлық диссертацияның өзектілігін толықтай негіздейді. Сондықтан, АЕЖ-дың шынайы моделін құрастыру үшін оның қалыптасуын, физикалық қасиеттерін, орнықтылығы мен эволюциясын зерттеу маңызды болып табылады.

Жұмыстың мақсаты.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты жалпы салыстырмалылық теориясының, шекті температуралардың, ядролық құрамның және айналудың эффектеріне баса назар аудара отырып, ақ ергежейлі жұлдыздардың тепе-теңдік конфигурацияларының қасиеттерін зерттеу болып табылады.

Зерттеудің міндеттері. Диссертациялық жұмыстың мақсатына жету үшін келесі міндеттер қойылды:

– ақ ергежейлі жұлдыздардың гравитациялық өрісін сипаттау үшін Эйнштейннің өріс теңдеулерінің ішкі және сыртқы метрикаларын зерттеу;

– айналмайтын ақ ергежейлі жұлдыздардың құрылымына ЖСТ-ның, шекті температуралардың және ядролық құрамның эффектерін зерттеу;

– ақ ергежейлі жұлдыздардың құрылымына айналудың әсерін ньютондық гравитацияда және жалпы салыстырмалық теориясында зерттеу;

– айналатын ақ ергежейлі жұлдыздар үшін әртүрлі күй теңдеулерімен I-Love-Q және I-Love-e қатынастарының тәуелділігін зерттеу.

Зертеу нысаны.

Суық және ыстық, статикалық және айналатын, классикалық және релятивтік ақ ергежейлі жұлдыздардың тепе-теңдік конфигурациялары.

Зерттеу пәні.

Орнықты, суық және ыстық, статикалық және айналатын ақ ергежейлі жұлдыздардың масса, радиус, орталық қысым және т.б. сияқты негізгі параметрлері.

Зерттеу әдістері.

тензорлық талдау және жалпы салыстырмалық теориясының әдістері, дифференциалдық теңдеулерді сандық интегралдаудың әдістері, ұйытқу теориясының әдісі және Хартл формализмі қолданылды.

Қорғауға шығарылатын мәселелер:

1. Эйнштейннің өріс теңдеулерінің баяу айналатын және аз деформация шектік жағдайында астрофизикалық компакты объекттердің, сонымен қатар АЕЖ-дың гравитациялық өрісін сипаттайтын жуық стационар аксиальды-симметриялық Хартл-Торн және Седракян-Чубарян шешімдерінің математикалық және физикалық эквиваленттілігі (бұрыштық жылдамдық бойынша екінші ретке дейінгі дәлдікпен).

2. Жалпы салыстырмалық теориясының эффектілері ақ ергежейлі жұлдыздардың массаларына арналған масса-радиус қатынасында Чандрасекар шегіне жақын маңда маңызды бола бастайды; жылулық эффектілер Чандрасекар шегінен төмен ақ ергежейлі жұлдыздардың массалары үшін айқын көрінеді, ал айналу және ядролық құрам ақ ергежейлі жұлдыздардың барлық массалық диапазоны үшін маңызды.

3. PSR J1738+0333, PSR J1012+5307 және PSR J1911-5958A миллисекундтық пульсарлардың қос жүйелеріндегі серік-ақ ергежейлі жұлдыздардың ядроларының температуралары, сәйкесінше, $(1.55\text{-}6.5)\times10^7$ K, $(1.4\text{-}2.4)\times10^7$ K және $(0.4\text{-}9.5)\times10^7$ K аралықтарында болады деп бағаланды.

4. I-Love-Q (инерция моменті, айналмалы Ляв саны және квадупольдік момент) және I-Q-e (инерция моменті, квадупольдік момент және экцентриситет) қатынастары әмбебап және ақ ергежейлі жұлдыздардың күй теңдеулерінен (Чандрасекар және Салпитер күй теңдеулерінен) тәуелсіз болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың нәтижесінің ғылыми жаңалығы. Осы диссертациялық жұмыстың аясында алғаш рет келесі нәтижелер алынды:

– Хартл-Торн шешімінің толық массанын, импульс моментін және массалық квадрупольдік моментін Седракян-Чубарян шешімінің интегралдау тұрақтыларымен байланыстыратын алгебралық өрнектер жиынтығы. Сонымен қатар, екі шешімнің де сәйкес мультипольдік моменттері есептелінді және олардың бірдей екендігі көрсетілді. Екі метриканың математикалық және физикалық эквиваленттілігі де дәлелденді.

– Жалпы салыстырмалық теориясының, шекті температуралардың, ядролық құрамның және айналудың эффектілерін есепке ала отырып ақ ергежейлі жұлдыздардың масса-радиус қатынастары есептелді.

– PSR J1738+0333, PSR J1012+5307 және PSR J1911-5958A миллисекундтық пульсарлардың қос жүйелеріндегі серік-ақ ергежейлі жұлдыздардың ядроларының температуралары графикалық әдіс арқылы бағаланды.

– Ақ ергежейлі жұлдыздар үшін I-Love-Q және I-Q-e қатынастары әмбебап және Чандрасекар және Салпитер күй теңдеулерінен тәуелсіз болатындығы көрсетілді.

Жұмыстың ғылыми және практикалық құндылығы. Алынған нәтижелер талдауда бақылау деректерін түсіндіру үшін және астрономия, релятивистік астрофизика, ақ ергежейлі жұлдыздар физикасы және космология мәселелерін зерттеулерде тікелей қолданылуы мүмкін.

Жұмыстың нәтижесінің сенімділігі мен негізділігі. Диссертацияда ғылыми ортада мақұлданған және жалпы қабылданған, белгілі физикалық модельдер, математикалық әдістер қолданылды. Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер әдебиеттердегі деректермен және бақылау деректерімен жақсы сәйкес келеді. Сонымен қатар, диссертация нәтижелерінің сенімділігі мен негізділігін Scopus және Web of Science-та индекстелетін жоғары импакт-факторы бар журналдардағы, сондай-ақ Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған журналдардағы, отандық және шетелдік халықаралық ғылыми конференциялар материалдарындағы публикациялар растайды.

Автордың өзінің қосқан үлесі. Автор ғылыми кеңесшілермен бірге зерттеу міндетін қоюға, барлық аналитикалық және сандық есептеулерді жүргізуге, нәтижелерді салыстырып және талдау жасауға, қорытындылар жасауға, алынған нәтижелерді халықаралық конференцияларда баяндауға, жұмыстың нәтижелерін публикацияларға дайындауға тікелей қатысты.

Жариялынымдар. Диссертацияда келтірілген материалдар бойынша, барлығы 30 жұмыс жарияланды. 6 мақала Scopus (Elsevier, Нидерланды) және Web of Science-та (Clarivate Analytics, АҚШ) индекстелетін халықаралық журналдарда және конференция материалдарында, сонымен қатар, 7 мақала ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған журналдарда, тағы 1 мақала ҚР ғылыми журналында, 16 тезистер мен мақалалар отандық және шетелдік халықаралық ғылыми конференциялардың материалдарында жарияланды.

Диссертациялық жұмыстың аппробациядан өтуі: Жұмыстың нәтижелері келесі шетелдік және отандық халықаралық конференцияларда баяндалды және талқыланды:

– XII-th International Conference on Gravitation, Astrophysics and Cosmology, Dedicated to the centenary of Einstein's General Relativity theory (Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia, June 28-July 5, 2015);

– The Fourteenth Marcel Grossmann Meeting on Recent Developments in Theoretical and Experimental General Relativity, Astrophysics, and Relativistic Field Theories (Sapienza University of Rome, Rome, Italy, July 12-18, 2015);

– V международная научная конференция «Физика и физическое образование: Достижения и перспективы развития» (Кыргызский Национальный Университет, Бишкек, Кыргызская Республика, 21 сентября, 2015 г.);

– 9-th Alexander Friedmann International Seminar on Gravitation and Cosmology and 3-rd Satellite Symposium on the Casimir Effect (Saint Petersburg, Russia, June 21-27, 2015);

– «Физиканың заманауи жетістіктері және іргелі физикалық білім беру» атты 9-шы халықаралық ғылыми конференция (Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан, 12-14 қазан, 2016 ж.);

– Supernovae, Hypernovae and Binary Driven Hypernovae, An Adriatic Workshop (International Center for Relativistic Astrophysics Network, Pescara, Italy, June 20-30, 2016);

– Phenomenology of Strong Gravity Workshop (Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan, September 14-16, 2016);

– 5-th International conference on Cosmology, Relativistic and Nuclear Astrophysics (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, October 31-November 4, 2017);

– «Әбділдин оқулары: Заманауи физиканың көкейкесті мәселелері» атты ҚР ҰҒА академигі М.М. Әбділдиннің 80 жылдығына арналған халықаралық ғылыми конференция (Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан, 12-15 сәуір, 2018 ж.);

– Студенттер мен жас ғалымдардың «ФАРАБИ ӘЛЕМІ» атты халықаралық ғылыми конференциясы (Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан, 13-16 сәуір, 2015 ж.; 14-16 сәуір, 2016 ж.; 10-13 сәуір, 2017 ж.; 10-13 сәуір, 2018 ж.; 8-11 сәуір, 2019 ж.);

– The 6-th International Workshop «Nuclear Physics, Nuclear Astrophysics and Cosmic Rays» (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, April 16-18, 2019).

Диссертация тақырыбының ғылыми жобалар жоспарларымен байланысы. Диссертациялық жұмыс ҚР БҒМ-нің келесі ғылыми-зерттеу жобаларының жоспарларының шеңберінде жүзеге асырылды:

1) «Жалпы салыстырмалық теориясында ақ ергежейлілерді температураны және айналуды есере отырып зерттеу» (2015-2017, 3101/ГФ4, мемлекеттік тіркеу № 0115RK01047);

2) «Жалпы салыстырмалық теориясындағы және релятивтік астрофизикадағы айналмалы және деформацияланған объекттер бойынша зерттеу» (2013-2015, 1597/ГФ3, мемлекеттік тіркеу № 0113РК00369).

Диссертацияның көлемі мен құрылымы. Диссертация титулдық беттен, мазмұнынан, қысқартулар тізімі, кіріспе, бес бөлімнен, қорытынды және 161 қолданылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Онда 7 кесте мен 65 сурет бар. Диссертацияның жалпы көлемі 135 бет.