

«6D061100 – Физика және астрономия» мамандығы бойынша  
философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін диссертациялық жұмысқа

## АҢДАТПА

**КУРМАНОВ ЕРГАЛИ БЕРЖИГИТОВИЧ**

### **ҚЫСЫМЫ НӨЛДЕН ӨЗГЕШЕ БОЛАТЫН ҚАРАҢҒЫ МАТЕРИЯНЫҢ ОПТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ КИНЕМАТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ**

Диссертациялық жұмыс қысымы нөлден өзгеше болатын қараңғы материяның кинематикалық және оптикалық қасиеттерін зерттеуге арналған.

#### **Тақырыптың өзектілігі.**

Әлемнің субстанциялық құрылымының қазіргі көрінісіне сәйкес, оның 68,3%-ын қараңғы энергия, 26,8%-ын қараңғы материя және 4,9%-ын бариондық материя құрайды. Әлемнің даму процесінде субстанцияның бұл түрлері әртүрлі рөл ойнайды. Сонымен, ғарыштық вакуум Әлемнің кеңеюіне, қараңғы материя оның ірімасштабты құрылымдарының орнықтылығына жауапты. Ал, бариондық материя планеталар, жұлдыздар мен галактикалардың құрылуында маңызды.

Галактикалар құрылымының сипаттамасы екі негізгі ерекшелікке негізделген: 1) әрбір галактиканың центрінде аса массивті қара құрдымға үміткерлердің болуы және 2) әрбір галактиканы қоршап тұратын қараңғы материя галосының болуы.

Аса массивті қара құрдымдардың пайда болуының заманауи теориялық модельдері қашықтық бойынша олардың массаларының үлестірілуін түсіндірмейді. Олардың қалай және қашан пайда болғаны белгісіз. Массасы Күн массасынан миллиардтаған есе көп аса массивті қара құрдымға үміткерлердің көп бөлігі Ерте Әлемде бақыланды. Осыған,  $z = 7,54$  қашықтықта, массасы  $800 \cdot 10^6 M_{\odot}$  диапазонында өлшенген ULAS J1342+0928 қара құрдымға үміткер ретінде мысал бола алады.

Қазіргі кезде қара құрдымдардың аккрециялық дисктері шығаратын спектрі арқылы олардың массасын анықтау – ең көп тараған әдіс. Бұл әдіс Күс жолындағы Sgr-A\* мен M87 галактикасындағы аса массивті қара құрдымға үміткерлерге жарамсыз.

Қара құрдымдар аккреция теориясын Новиков пен Торн (1973 ж.), Пейдж бен Торн (1974 ж.) ашты және соңғы жылдары бұл теория қара құрдымға үміткерлердегі бақыланатын спектрдің ерекшеліктерін түсіндіру үшін қолданылды. Дегенмен, бақылаулар қара құрдым әрдайым вакуумда деп көрсетеді. Тек соңғы жылдары Керр метрикасынан өзгеше геометриядағы аккрециялық дисктің теориялық қасиеттерін зерттеу қолға алынды.

Бариондық материяға қарағанда қараңғы материя электромагниттік әсерлесуге қатыспайды. Ол тек гравитация арқылы байқалады, сол себепті оны тікелей бақылау мүмкін емес. Сонымен қатар, қараңғы материя космологияның іргелі мәселесі – Әлемнің бариондық ассиметриясын түсіндіру үшін және қараңғы материяны тасымалдаушы бөлшектердің массасын анықтау үшін қолданылады.

Қараңғы материяның галактикалардың пайда болуына әсері туралы сұрақтар зерттеушілердің назарын аударды. Астрономиялық бақылаулар қараңғы материя негізінен галактикалар мен олардың кластерлері сияқты ғарыш объектілерінің айналасында шоғырланатынын көрсетеді.

Қараңғы материяның бар болуы галактикалар шоғырларындағы ыстық газдың қозғалысын бақылауда және гравитациялық линзалану эффекті арқылы жанама түрде расталды. Алайда, қараңғы материяның табиғаты әлі күнге дейін белгісіз, себебі қараңғы материяға үміткер бөлшектер нақты табылмады.

Кейбір модельдер қараңғы материяның әлсіз өзара әрекеттесетін массивті бөлшектер класынан тұрады деп, ал басқа модельдер қараңғы материя жеңіл бөлшектерден тұрады деп болжайды. Галактикалардағы бақыланатын айналу қисықтарын әртүрлі феноменологиялық тығыздық профильдері түсіндіреді. Мысалы, Құс жолы галактикасының центрінен галоға дейінгі айналу қисықтары туралы мәліметтер үшін қараңғы материяның әртүрлі тығыздық профильдері қолданылады.

Қараңғы материя галосы галактиканың сыртқы бөлігінен центріне дейінгі аймақты қамтиды. Сондықтан да, орталық үлестірілу аймақтың геометриясына әсер етуі мүмкін.

Қараңғы материя үлестірілуінің қара құрдымның гравитациялық өрісіндегі аккрециялық дисктегі сынақ бөлшектердің қозғалысына, дисктің дифференциалдық және спектрлік жарықтылықтарына әсері – қазіргі өзекті мәселелердің бірі. Әдебиеттерде мұндай мәселелер тек изотропты (радиал) қысымы бар қараңғы материя үшін қарастырылды.

Жоғарыда аталған космологияның заманауи мәселелеріне сүйене отырып, **«ҚЫСЫМЫ НӨЛДЕН ӨЗГЕШЕ БОЛАТЫН ҚАРАҢҒЫ МАТЕРИЯНЫҢ ОПТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ КИНЕМАТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ»** атты диссертациялық жұмысы анизотропты қысымы бар қараңғы материяның рөлін зерттеуге арналған.

#### **Жұмыстың мақсаты.**

Қараңғы материяның шиыршықты галактикалардың айналу қисықтарына, аса массивті қара құрдымның гравитациялық өрісіндегі аккрециялық дисктің физикалық сипаттамаларына әсерін зерттеу.

#### **Зерттеу нысандары.**

U11454, U5750, ESO0140040 және Құс жолы галактикалары, қараңғы материя, статикалық қара құрдым, аккрециялық диск.

### **Зерттеу пәні.**

Аккрециялық дисктің жарықтылығы: дифференциалдық және спектрлік, қараңғы материяның массасы, қараңғы материяның қысымы: радиал және тангенциал, дыбыс жылдамдығы, сыну көрсеткіші.

### **Зерттеу әдісі.**

Дифференциалдық теңдеулерді сандық шешу әдістері, Лебенберг-Маркуардтың сызықты емес ең кіші квадраттар әдісі, Байестік талдау әдісі, Акаике талдау әдісі, дифференциалдық геометрия, тензорлық анализ.

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

1 Анизотропты қысымы бар қараңғы материямен қоршалған статикалық қара құрдым айналасындағы аккрециялық дисктегі сынақ бөлшектердің бұрыштық жылдамдығы мен бұрыштық моментін есептеу.

2 Сынақ бөлшектердің энергиясын, аккрециялық дисктің электромагниттік сәулелену ағыны мен дифференциалдық жарықтылығын қараңғы материя моделінің сипаттық параметрлеріне байланысты анықтау.

3 Аккрециялық дисктің спектрлік жарықтылығының сипатын зерттеу.

4 Аккрециялық дисктің сәулелену тиімділігін, яғни дисктің тыныштық массасының сәулеленуге айналатын мөлшерін есептеу.

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

1 Статикалық аса массивті қара құрдымның гравитациялық өрісінде анизотропты қысымға ие қараңғы материяның бар және жоқ кездегі аккрециялық дисктегі сынақ бөлшектердің бұрыштық жылдамдығы мен бұрыштық моменті анықталды.

2 Статикалық аса массивті қара құрдымның айналасында анизотропты қысымға ие қараңғы материяның бар және жоқ кездегі сынақ бөлшектердің энергиясы, аккрециялық дисктің сәулелену ағыны мен дифференциалдық жарықтылығы есептелді.

3 Қара құрдым айналасындағы аккрециялық дисктің спектрлік жарықтылығы қараңғы материя бар және жоқ жағдайларымен салыстырылды.

4 Қараңғы материяның әртүрлі тығыздықтары үшін сәулелену тиімділігінің анизотропия параметріне тәуелділігі анықталды.

### **Қорғауға арналған негізгі тұжырымдар.**

1 Қараңғы материя қысымының анизотроптылығы, қараңғы материя жоқ кездегі қара құрдымға қарағанда, аккрециялық дисктегі сынақ бөлшектерінің радиалды координатадан тәуелді болатын бұрыштық жылдамдығы мен бұрыштық моментінің азаюына алып келеді.

2 Анизотропты қысымы бар қараңғы материямен қоршалған статикалық қара құрдым айналасындағы аккрециялық дисктегі сынақ бөлшектердің энергиясы, аккрециялық дисктің электромагниттік сәулелену ағыны мен дифференциалдық жарықтылығы қараңғы материя жоқ кездегі қара құрдыммен салыстырғанда радиалды координатаның аз мәнінде – көп, ал радиалды координатаның үлкен мәнінде – аз.

3 Аккрециялық дисктің спектрлік жарықтылығы қараңғы материя қысымының анизотропия параметрінің таңбасына тәуелді: а) анизотропия

параметрінің оң мәндері үшін сәулелену жиіліктерінің барлық диапазонында жарықтылық қараңғы материя жоқ кездегі қара құрдыммен салыстырғанда көп; б) анизотропия параметрінің теріс мәндері үшін аккрециялық дискінің жарықтылығы қараңғы материя жоқ кездегі қара құрдыммен салыстырғанда төменгі жиіліктерде – аз, ал жоғарғы жиіліктерде – көп.

4 Анизотропия параметрі мәнінің азаюымен қараңғы материя бар кездегі аккрециялық дискінің сәулелену тиімділігі 5,85-5,87% диапазонында болады, ал қараңғы материя жоқ кездегі қара құрдым үшін тиімділік 5,72%-ды құрайды.

#### **Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы.**

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер қараңғы материяның оптикалық және кинематикалық қасиеттерін сипаттауға үлкен үлес қосады. Сондай-ақ, релятивистік астрофизика, космология, элементар бөлшектер физикасының дамуында теориялық және практикалық маңыздылығы зор және ЖОО-да «Физика және астрономия» мамандығын оқытуда қолдануға болады.

**Нәтижелердің сенімділігі мен негізділігі** ең алдымен бақылау деректеріне сәйкес келеді. Сонымен қатар, алынған нәтижелер қараңғы материяның белгілі оптикалық және кинематикалық қасиеттерін толықтырады. Диссертациялық жұмыстың нәтижелерінің сенімділігі мен негізділігі импакт-факторы жоғары шет ел журналдарында, Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым саласында сапаны қамтамасыз ету комитеті (БҒМ БҒССҚК) ұсынған басылымдарда және халықаралық ғылыми конференциялар материалдарында жарияланымдардың бар болуымен расталады.

#### **Автордың жеке үлесі.**

Автор диссертациялық жұмыстың барлық кезеңдеріндегі зерттеу жұмысына: сандық есептеулерге және зерттеу әдісін таңдап алу барысына түгелдей қатысты. Есептерді және нәтижелерді талқылау жетекшілермен бірлесіп жүргізілді.

#### **Жарияланымдар.**

Диссертациялық жұмыс материалдары негізінде 18 баспа жұмысы, оның ішінде Қазақстан Республикасы БҒМ БҒССҚК ұсынған басылымдарда 2 мақала, Қазақстанның ағылшын тіліндегі басылымдарында 1 мақала, Web of Science (Clarivate Analytics) және Scopus халықаралық ақпараттық ресурстарына кіретін импакт-факторы жоғары журналдарда 5 мақала және Халықаралық ғылыми конференцияларында 10 жұмыс жарияланды.

#### **Диссертациялық жұмыстың апробациясы.**

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер келесідей конференциялар мен семинарларда баяндалды:

- Қазақстандық физикалық қоғамның жыл сайынғы екінші конференциясы (2019, Алматы, Қазақстан);
- «Фараби Әлемі» студенттер мен жас ғалымдардың Халықаралық ғылыми конференциясы (2019, 2020, 2021, 2022 Алматы, Қазақстан);

– Sixteenth Marcel Grossmann Meeting Халықаралық онлайн конференциясы, (Рим, Италия, 5-10 шілде 2021);

– «Анизотропты қысымы бар қараңғы материямен қоршалған статикалық кара құрдымның айналасындағы аккрециялық дискінің жарықтылығы», Қазақ – Өзбек халықаралық семинары, 18 наурыз, 2022;

**Диссертациялық жұмыстың** кейбір бөлімдері мемлекеттік бюджеттен қаржыландырылатын 2020-2022 жж. жас ғалымдар жобасы аясында жүзеге асырылды. Жобаның тақырыбы: «Ақ ергежейлі жұлдыздардың астрофизикалық салдары» және ЖТН: АР08052311.

**Диссертациялық жұмыстың құрылымы мен көлемі.** Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 4 тараудан, қорытынды және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс 60 сурет, 93 формула, 13 кесте, 212 әдебиеттер тізімі мен 106 бетті қамтиды.