

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

## АҢДАТПА

### ЖҰМАХАНОВА ГҮЛНҰР ДҮЙСЕНҒАЛИҚЫЗЫ

#### ГАЛАКТИКАЛАРДЫҢ БАЛДЖ ЖӘНЕ ГАЛОСЫНДА ҚАРАҢҒЫ МАТЕРИЯНЫҢ ПРОФИЛЬДЕРІ

Диссертация жұмыс космологияның, астрофизиканың және элементар бөлшектер физикасының маңызды мәселелерінің бірі қараңғы материяның қасиеттерін зерттеуге арналған.

#### **Тақырыптың өзектілігі**

Қараңғы материя - электромагниттік сәуле шығармайтын және онымен әсерлеспейтін материяның формасы. Қараңғы материя астрономияда, космологияда және теориялық физикада өзінің тек гравитациялық әрекетімен белгілі. Оның бар болуын галактикалардың айналу қисықтарын және гравитациялық линзаны зерттеу арқылы анықтауға болады. Галактикалардың айналу қисығы объектілердің сызықтық жылдамдығының центрінен галоға дейінгі радиалды координатаға тәуелділігін көрсетеді. Цвикки (1933, 1937) Кома кластеріндегі галактикалардың қызыл ығысуын өлшеген. Ол кластердегі жеке галактикалардың қозғалыс жылдамдығы кластердің жалпы көрінетін массасымен есептелген жылдамдықтан әлдеқайда үлкен екенін анықтады. Ол жылдам айналу түсіндірудің жалғыз жолы - кластерде көрінбейтін жасырын материя бар деген болжамға келді. Ол осы кластердегі қараңғы материяның мөлшері кластердің жалпы көрінетін массасынан 10 есе көп болуы мүмкін деп есептеді. Робертс (1966), Рубин және Форд (1970) спиральды галактикалардың айналу қисықтары галактикалардың шетіне қарай жазық екенін анықтады. Бұл күтілетін теориялық нәтижелерге қарама-қайшы келеді, өйткені галактикалардың жарықтылығы периферияға жақындағанда тез төмендейді және осы аймақта кеплерлік айналу қисығының төмендеуі күтіледі. Теориялық және бақылау айналу қисықтарындағы бұл айырмашылық қараңғы материяның бар екендігінің дәлелі.

Бүгінгі таңдағы мәселе, ғарышта қараңғы материяның болуымен байланысты, оның бар екендігін белгілі тартылыс заңдарына негізделген тұжырымдар арқылы дәлелдеуге болады, әсіресе галактикалардың айналу қисығын бақылау кезінде өте өзекті болып табылады. Заманауи астрофизикада ұсынылған математикалық модельдер, сондай-ақ бірқатар жанама эксперименттік мәліметтер жасырын массаның бар екенін көрсетеді.

Астрофизикалық бақылаулар мәліметтері біздің Әлемде қараңғы материя және қараңғы энергияның бар екендігін, қарапайым бариондық материядан айтарлықтай көп екенін сөзсіз көрсетеді. Жалпы алғанда, әлемнің қазіргі бейнесі былай көрінеді: қарапайым зат бүкіл әлемдегі массаның шамамен 5% құрайды, ал қалған 95% мүлдем басқа, ерекше, көптеген сұрақтар тудыратын табиғатқа ие. Бұл жағдайда әлемді толтыратын заттың шамамен 27% қараңғы материя, ал қалған 68% қараңғы энергия құрайды.

Қалай болғанда да, Әлемдегі материяның басым бөлігі қараңғы екенін дәлелденгеннен кейін, бұл компонент галактикалар мен олардың шоғырлары сияқты ірімшаштабты құрылымдардың пайда болу шарттарын анықтайды деп күтілуде. Сондықтан әртүрлі галактикалардағы, соның ішінде Құс жолы галактикасындағы қараңғы материяның мөлшерін анықтау және зерттеу өте маңызды.

Әдебиетте галактика галосындағы қараңғы материяның күй теңдеуі қарастырылады, ал бұл диссертациялық жұмыста біз галактиканың барлық компоненттеріне қарастырымыз: бұл ядро, ішкі балдж, негізгі балдж, диск және гало. Негізінен Құс жолы галактикасының галосы үшін Наварро-Френк-Уайт тығыздығының таралу профилін қолданады, бірақ  $r=0$ , тығыздық шексіздікке ұмтылатын касп мәселесіне әкеледі.

Галактиканың орталық бөлігіндегі жұлдыздардың қозғалысын зерттеу кезінде центрінде аса массивті қара құрдым бар деп есептейді және бұл мәлімдеме бақылауларға қайшы келмейді. Сонымен қатар, галактиканың орталық бөлігі белсенді емес, яғни қара құрдымдарға тән рентген немесе гамма сәулелерін шығармайды. Сондықтан біз галактиканың ортасында қараңғы материяның шоғыры бар деп болжап, берілген объектінің өрісіндегі жұлдыздардың қозғалысын зерттейміз. Әдебиетте тығыздықтың үлестірілуінің әртүрлі модельдерін қарастыратын ұқсас жұмыстар бар. Мысалы, Руффини-Аргельес-Руеда моделі, галактиканың ортасында аса үлкен қара құрдым емес, фермиондардан тұратын белгісіз шағын нысан бар деп болжайды. Бұл жұмыстан айырмашылығы, бізде тығыздық профилі феноменологиялық болып табылады.

**Жұмыстың мақсаты** әртүрлі галактикалар және Құс жолы галактикаларында қараңғы материяның таралуын зерттеу, оның ядросын, балджын, дискісін және галосын ескеріп, қараңғы материя тығыздығының белгілі феноменологиялық профильдерін қолдана отырып, қараңғы материя массасын есептеу, сонымен қатар қараңғы материя күй теңдеуін шешу және Құс жолы галактикасының орталық бөлігіндегі жұлдыздардың траекториясын талдау.

**Зерттеу нысандары** NGC 2403, NGC 3627, NGC 2976, DDO154, NGC 1560, NGC 5585, U11454 галактикалары және Құс жолы галактикасы, қараңғы материя.

### **Зерттеу пәні:**

Галактикалардың айналу қисықтары. Қараңғы материя үшін күй теңдеулері. Қараңғы материяның үлестірілуіндегі дыбыс жылдамдығы. Құс жолы галактикасының орталығындағы сынақ денелерінің (жұлдыздардың) траекториясы.

### **Зерттеу әдістері.**

Екінші ретті сызықты емес дифференциалдық теңдеулерді шешудің аналитикалық және сандық әдістері, ең кіші квадраттар әдісі, Байес ақпараттық критериясы.

### **Зерттеу міндеттері:**

1. Құс жолын қоса алғанда, NGC 2403, NGC 3627, NGC 2976, DDO 154, NGC 1560, NGC 5585 галактикаларының айналу қисықтарына талдау жасау және орталық тығыздық, масштабты радиус және қараңғы материяның толық массасы сияқты қараңғы материя модельдерінің негізгі параметрлерін есептеу;

2. Гидростатикалық тепе-тендік теңдеуінен қараңғы материя үшін қысым профилін алу және дыбыс жылдамдығының радиалды координатқа тәуелділігін есептеу;

3. Галактиканың ішкі бөлігіндегі жұлдыздардың қозғалысын екі шекті жағдай үшін орталықтан 100 астрономиялық бірліктен аз қашықтықта зерттеңіз: 1) вакуумдағы өте үлкен қара құрдымның гравитациялық өрісінде және 2) қара құрдымның қараңғы заттың таралу өрісінде.

**Жұмыстың жаңалығы.** Диссертациялық жұмыстың жаңалығы мен өзіндік ерекшелігі, алғаш рет:

1 Құс жолы галактикасының қараңғы материясының барлық компоненттері үшін бірнеше модельдер қарастырылды, олардың ішінен ең оңтайлы модель анықталды және сәйкесінше масса, масштабты радиус және орталық тығыздық есептелді;

2 Құс жолы галактикасындағы қараңғы материя тығыздығының оңтайлы профилінен қысым профилі алынды және дыбыс жылдамдығының радиалды координатқа тәуелділігі есептелді;

3 Вакуумдағы аса үлкен қара құрдымның гравитациялық өрісіндегі 100 астрономиялық бірліктен кіші қашықтықта және қара құрдымсыз қараңғы материяда Галактика орталығының айналасындағы жұлдыздардың траекториялары зерттелді.

### **Қорғауға шығарылатын тұжырымдамалар:**

1. Галактика айналу қисығын сипаттау үшін ең оңтайлы үлестірілуі қараңғы материяның экспоненциалды профилі  $\rho_{\text{эксн}}(r) = \rho_0 e^{-r/r_0}$  болып табылады, профиль параметрлері ядро үшін  $M = 4,2 \cdot 10^6 M_{\odot}$ ,  $\rho_0 = 5,8 \cdot 10^{19} M_{\odot}/\text{пк}^3$ ,  $r_0 = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{пк}$ ; ішкі балдж  $M = 5 \cdot 10^7 M_{\odot}$ ,  $\rho_0 = 3,6 \cdot 10^4 M_{\odot}/\text{пк}^3$ ,  $r_0 = 3,8 \text{пк}$ ; негізгі балдж  $M = 8,4 \cdot 10^9 M_{\odot}$ ,

$\rho_0 = 190 M_{\odot}/\text{пк}^3$ ,  $r_0 = 120 \text{ пк}$ ; диск  $M = 4,4 \cdot 10^{10} M_{\odot}$ ,  $\rho_0 = 0,15 M_{\odot}/\text{пк}^3$ ,  
 $r_0 = 3000 \text{ пк}$ ; гало  $M = 2,63 M_{\odot}$ ,  $\rho_0 = 7,56 M_{\odot}/\text{пк}^3$ ,  $r_0 = 12 \cdot 10^3 \text{ пк}$ .

2. Экспоненциалды үлестірілу профилі бар Галактикадағы қараңғы материяның тепе-теңдігі дыбыс жылдамдығының радиалды қашықтықтан тәуелділігі галактиканың айналу қисығының қозғалысына сәйкес келеді.

3. Вакуумдағы қара құрдымның гравитациялық өрісіндегі дөңгелек орбиталар 30 астрономиялық бірліктен аз қашықтықта қара құрдымсыз экспоненциалды сфера профилі бар қараңғы материяның таралу өрісінде прецессиялы эллиптикалық орбиталарға айналады.

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

Осы диссертацияда алынған нәтижелер әртүрлі галактикалардың айналу қисығын түсіндіруге және қара материяның массасын есептеуге өте пайдалы болады. Сонымен қатар, галодағы қара материяның массасын білу жеке алыс қашықтықтағы астрофизикалық нысандарды бақылауға және зерттеуге мүмкіндік береді. Осы диссертациялық жұмыста жүргізілген зерттеулер релятивистік астрофизика, космология және элементар бөлшектер физикасы саласындағы білімімізді тереңдету үшін теориялық және практикалық маңызы бар.

**Нәтижелердің сенімділігі мен негізділігі** ең алдымен бақылау деректеріне сәйкес келеді. 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** - диссертацияның барлық көлемін, зерттеу әдісін таңдау, есептерді шешу және сандық есептеулерді автор өз бетінше жасады. Міндеттерді қою нәтижелерді талқылау ғылыми жетекшілермен бірлесіп жүргізілді.

### **Жарияланымдар.**

Диссертациялық жұмыс материалдары негізінде 13 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 1 мақала және Халықаралық ғылыми конференцияларында 9 жұмыс жарияланды.

### **Диссертациялық жұмыстың апробациясы.**

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер келесідей конференциялар мен семинарларда баяндалды:

– «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);

– «Құс жол галактикасындағы қараңғы материяның нөлден ерекше қысымының әсері» тақырыбындағы қазақ-өзбек семинарында (28.02.2021 ж.);

– «Галактикалық балдж бен галодағы қараңғы материя профилдерін зерттеу» тақырыбындағы қазақ-өзбек семинарында (11.02.2022 ж.);

**Диссертацияның көлемі мен құрылымы.** Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 5 бөлімнен, қорытындыдан және 156 атаудың пайдаланылған дереккөздерінің тізімінен тұрады, 47 сурет пен 13 кестені қоса алғанда, негізгі компьютерлік мәтін 106 беттен тұрады.