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

АҢДАТПА

ҚАЛАМБАЙ МУХАҒАЛИ ТОҚТАРБАЙҰЛЫ

ҚАРА ҚҰРДЫМДАРЫ БАР КЛАСТЕРЛЕРДЕГІ ЖҰЛДЫЗДЫҚ ДИНАМИКА

Жұмыстың жалпы сипаттамасы.

Бұл диссертация Құс жолы галактикасындағы шар тәрізді шоғырлардың орбиталық траекторияларын зерттеуге, олардың өзара және орталық аса массалы қара құрдыммен әрекеттесуіне, сондай-ақ шаң-тозаңды бұлттардан пайда болатын, орталығында жұлдыз түзу тиімділігі жоғары жұлдыздық шоғырлардың динамикалық эволюциясын зерттеуге бағытталған. Жұмыста шар тәрізді шоғырлар мен орталық қара құрдымның арасындағы өзара әрекеттесу жиілігінің талдаулары, сондай-ақ олардың соқтығысу сәттері айтылған. Сонымен қатар, диссертация қара құрдымдардың қарқынды релаксациядан кейінгі кластерлердің ішкі эволюциясына әсерін зерттеуді қамтиды.

Тақырыптың өзектілігі.

Жұлдыздар бақыланатын Әлем эволюциясында маңызды рөл атқарады. Жұлдыздар, өз кезегінде, жалғыз болып пайда болмайды, олар алып молекулалық бұлттарда түзіліп, бастапқыда мың немесе одан да көп жұлдыздардан тұратын жұлдыздық шоғыр деп аталатын жүйені құрады. Біздің галактикадағы ең көне нысандар деп санауға болатын шар тәрізді шоғырлар ерекше рөл атқарады, және олардың жасы 10-12 миллиард жылға жетуі мүмкін. Бұндай шоғырлар Әлемнің дамуының алғашқы кезеңдерінде пайда болған гравитациялық байланысқан объектілер болып табылады. Біздің Галактиканың ішінде 160-тан астам шар тәрізді шоғырлар табылған және бұл шоғырлар жайлы ақпараттар Gaia DR3 астрометриялық мәліметтер дерекқорында қол жетімді.

Осы шар тәрізді шоғырларды зерттеу біздің Галактиканың қалыптасу процестері туралы түсінігімізді байытады. Және де, осы шоғырлардың траекторияларын талдау Құс Жолының орталық аймақтарында болған оқиғаларды зерттеуге септігін тигізеді. Бұл шоғырлар мен орталық қара құрдым арасындағы байланыс орталық шағын жұлдызды шоғырдың шығу тегін түсіндіруге де мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, егер жұлдыздық шоғырлар қарқынды релаксациядан өтіп, құрылымын сақтап қалатын болса, онда оның ішінде жұлдыздар эволюциясының қазіргі теориясына сәйкес қара құрдымдар болуы керек.

Алайда, Галактиканың дискісінде орналасқан жас шоғырларында қара құрдымға байланысты әсерлер жиі анықталмайды, және бұл олардың осы кластерлерде болмайды деген болжамға алып келеді. Алайда, осы зерттеуде шоғыр эволюциясының алғашқы кезеңдерінде қара құрдымдармен байланысты әсерлер шоғырдағы аталған қара құрдымның болуына қарамастан байқалмауы мүмкін екенін көрсетеді.

Бұл диссертацияның өзектілігі кеңістіктік параметрлердің кең ауқымында қалыптасудың әртүрлі жағдайларын ескере отырып шоғыр эволюциясының барлық этапын қамтитын сандық модель құруда көрінеді. Зерттеу осы жаңа модельді қолдана отырып, тәжірибелік мәселелер мен оларды шешу жолдарын қарастырады.

Жұмыстың мақсаты

Құс Жолы галактикасындағы жұлдыздық шоғырлардың орбиталық траекторияларын зерттеу және қара құрдымдардың жұлдыздық шоғырлардың динамикалық эволюциясына әсерін талдау.

Зерттеу міндеттері:

1 . N-дене есебін қолдана отырып Gaia DR2 және DR3 дерекқорындағы астрометриялық ақпараттарды пайдалана, жұлдыздық шоғыр орбиталарын анықтау және Галактиканың потенциалды өрісіндегі шоғырлардың өзара жақын әрекеттесулер мен соқтығысулар жиілігін бағалау;

2 . Сандық модельдеуді қолдана отырып, орталық аса массалы қара құрдымның шар тәрізді шоғырларға әсерін зерттеу;

3 . Қара құрдымдардың өзі пайда болатын шоғырдың жалпы динамикасына әсерін талдау үшін N-денелік модельдеуді қолдану;

Зерттеу нысаны: Құс жолы галактикасындағы жұлдызды шоғырлар.

Зерттеу пәні: Әртүрлі жұлдыздық шоғырлардың динамикалық эволюциясы мен қозғалысының және оған әртүрлі шоғыр параметрлері мен Галактиканың әртүрлі потенциалдарының әсері.

Зерттеу әдісі: Дифференциалдық теңдеулерді сандық шешу, N-дене есебін төртінші дәрежелі Эрмит әдісімен сандық интегралдау, классикалық физика заңдарының негізіндегі phi-GRAPE/GPU кодымен CUDA/C, MPI, OpenMP технологияларын қолдана отырып параллельді есептеу, Python ортасында NumPy, SciPy, Pandas пакеттерін қолдана отырып, үлкен мәліметтерді өңдеу.

Қорғауға ұсынылатын негізгі тұжырымдамалар

1. Галактиканың айнымалы потенциалында Құс Жолы типтес галактикалардағы шар тәрізді шоғырлардың 50 пк-тен аз қашықтықта күшті әсерлесуі әр миллиард жылда орта есеппен 10 рет болады.

2. Сандық модельдеуге сәйкес Құс Жолындағы шар тәрізді шоғырлардың орталық аса массалы қара құрдымдармен тығыз әсерлесулері

орташа алғанда әр миллион жыл сайын болады, және де осылай әсерлесетін шоғырлардың басым бөлігі балджда қалыптасады.

3. Лезде газ үрлену себебінен болған қарқынды релаксацияны басынан кешірген шоғырдағы қара құрдымдардың кластер динамикасына әсері жас кезінде елеусіз болады да, 500 миллион жылға жуық уақыт өте оның әсері артып, кластердің өмір сүру уақытын өзгертеді.

Жұмыстың **ғылыми жаңалығы** алғаш рет:

1. Бақыланатын шоғырлардың орбиталық траекторияларын анықтау үшін illustris-TNG 100 заманауи космологиялық сандық моделінен алынған Құс Жолы галактикасына ұқсас модельдер қолданылды.

2. Құс жолындағы 147 жұлдызды кластерлердің траекториясының каталогы құрылды.

3. Қарқынды релаксациядан кейін кластерлерде қалған қара құрдымдардың үлесі анықталды.

4. Кластерлерді аспан сферасына проекциялау және сандық модельдеудің нәтижесін қолдана отырып жорамал бақылаулар жүргізу әдісі жасалды.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы.

Бұл диссертацияның нәтижелері бізге жұлдыздық шоғырлардың қалыптасуы мен эволюциясы туралы терең түсінік береді, бұл өз кезегінде галактикалардың пайда болу тарихын және жалпы Әлемнің эволюциясын толық ашады. Сонымен қатар, зерттеу аясында жасалған жаппай параллельді есептеу әдістері ғылыми және өндірістік зерттеулердің әртүрлі салаларында қолдану мүмкіндігіне ие. Компьютерлік модельдеу нәтижелерін талдауда әзірленген үлкен деректерді өңдеу технологияларын тек астрономияда ғана емес, сонымен қатар кең көлемді деректермен жұмыс істеу маңызды болып табылатын әртүрлі басқа салалардың зерттеулеріне сәтті бейімдеуге және қолдануға болады.

Автордың жеке үлесі. Автор диссертация аясында зерттеу жүргізудің барлық кезеңдеріне белсенді қатысты. Бастапқы шарттарды дайындау және компьютерлік модельдеу нәтижелерін өңдеуді ізденушінің өзі жүзеге асырды. Компьютерлік модельдеуге байланысты жұмыстың үлкен көлеміне байланысты бұл кезеңнің орындалуы ізденуші мен зертхананың басқа мүшелерімен ұжымдаса орындалды. Міндеттер қою және алынған нәтижелерді талқылау ғылыми кеңесшілермен және шетелдік әріптестермен бірлесіп жүргізілді.

Нәтижелердің сенімділігі. Зерттеу барысында алынған нәтижелер мен қорытындылар диссертацияның барлық бөлімдерінің мазмұнында көрсетілген және халықаралық пен отандық деңгейде рецензияланатын ғылыми басылымдарда негізгі ғылыми нәтижелердің жарияланымдарымен расталады. Бұл басылымдарға Web of Science және Scopus

дерекқорларының 1-ші квартиліне (Q1) енгізілген жоғары бағаланған журналдарда жарияланған мақалалар кіреді.

Жұмысты апробациялау.

Диссертациядағы негізгі нәтижелер 9 ғылыми жұмыста жарияланды, оның ішінде:

Clear private (web of Science) дерекқорында жоғары импакт-факторы бар мақалалар және Scopus халықаралық ғылыми дерекқорына енгізілген жарияланымдар:

Ishchenco, M., Sobolenko, M., Berczik,P., Omarov, Ch., Sobodar, O., **Kalambay, M.,** Yurin, D. MW GC on cosmological timescale III. Interaction rates. Astronomy & Astrophysics. – 2023. – Vol. 678. – P. A69 [**Q1**]

ҚР БҒМ Білім және ғылым бақылау комитеті ұсынған басылымдардағы мақалалар:

Ishchenco, M., Sobolenko, M., **Kalambay, M.,** Shukirgaliyev, B., Berczik,P. MW GC:close encounter rates with each other and with the Central Supermassive Black Hole. Reports of National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan; Vol 6, N 340

Kalambay, M. T., Naurzbayeva, A. Z., Otebay, A. B., Abdinassilim, A. T., Kuvatova, D., Assilkhan, A. D., Panamarev, T., Shukirgaliyev, B. T., & Berczik, P. P. Mock observations of simulated star cluster on solar orbit. // Recent Contributions to Physics. – 2022.

Тезистер мен баяндамалар жинағындағы жарияланымдар:

1. Қаламбай М.Т., Өтебай А.Б., Жумахметова М.Д., Сапарәлі Ә.Қ. Звездная динамика в центре активных ядер галактик. //"Фараби Әлемі" атты халықаралық ғылыми конференция тезистер жинағы - Алматы, 2020.-299 бб.

2. Қаламбай М.Т., Өтебай А.Б., Сапарәлі Ә.Қ., Абдраманова А.Е., Шукиргалиев Б.Т. Белсенді ядролы галактика орталығындағы жұлдызды дисктің пайда болуына аккрециялы диск пен шоғырдың өздік айналысының әсері. //"Фараби Әлемі" атты халықаралық ғылыми конференция тезистер жинағы - Алматы, 2021.-201 бб.

3. Қаламбай М.Т., Әлеи Ұ., Панамарев Т.П. Жұлдызды дискісі бар белсенді ядролы галактикаларды сандық модельдеу. //"Фараби Әлемі" атты халықаралық ғылыми конференция тезистер жинағы - Алматы, 2022.-198 бб.

4. Тлеубек А.Н., Есимжанова Д.А., Ұзанқұл Г.Е., Қаламбай М.Т. Мнимое наблюдение рассеянных звездных скоплении в разных галактических долготах. "Фараби Әлемі" атты халықаралық ғылыми конференция тезистер жинағы - Алматы, 2022.-221 бб.

Диссертация тақырыбының ғылыми жұмыс жоспарларымен байланысы

Диссертациялық жұмысты жасау барысында алынған нәтижелер мен әдістер ғылыми-зерттеу жұмыстарының жоспарына сәйкес AP14869395 «Космологиялық уақыт шкаласы бойынша Галактикалық орталықтың динамикалық эволюциясының үштік моделі» тақырыбы бойынша ҚР БҒМ «Іске асыру мерзімі 36 ай 2022-2024 жылдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық жобалар бойынша гранттық қаржыландыру» және AP13067834 «Жасанды интеллект көмегімен жұлдыздық шоғырлардың қасиеттерін түсіну » тақырыбы бойынша ҚР БҒМ «Іске асыру мерзімі 36 ай 2022-2024 жылдарға жас ғалымдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық жобалар бойынша гранттық қаржыландыру» жобаларында іске асыруда қолданылуда.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі

Диссертация кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс баспа мәтінінің 121 бетінде көрсетілген, 35 суретпен кескінделген, 64 формула, 10 кесте келтірілген, пайдаланылған әдебиеттер тізімінде 247 атау бар.