«6D061100 – Физика және астрономия» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне іздену үшін ұсынылған Қаламбай Мухағали Тоқтарбайұлының «Қара құрдымдары бар кластерлердегі жұлдыздық динамика» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына ресми рецензенттің

СЫН-ПІКІРІ

р/н №	Критерийлер	Критерийлер сәйкестігі	Ресми рецензенттің ұстанымы
1.	Диссертация тақырыбының (бекіту күніне) ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкес болуы	1.1 Ғылымның даму бағыттарына және/немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі:	М.Т. Қаламбайдың диссертациялық жұмысы ғылымды дамытудың басым бағыттарына «Физика және астрономия» саласындағы Қазақстан Республикасының мемлекеттік бағдарламаларына сәйкес келеді.
		1) Диссертация мемлекет бюджетінен қаржыландырылатын жобаның немесе нысаналы бағдарламаның аясында орындалған (жобаның немесе бағдарламаның атауы мен нөмірі); 2) Диссертация басқа мемлекеттік бағдарлама аясында орындалған (бағдарламаның атауы) 3) Диссертация Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Жоғары ғылыми-техникалық комиссия бекіткен ғылым дамуының басым бағытына сәйкес (бағытын көрсету)	Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Ғылым комитетінің «Ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру» іргелі ғылыми-зерттеу жұмыстарының жоспарына сәйкес «AP19677351 Жұлдыздық кластерлердің түзілуін біріктірілген магнитті гидродинамикалық және N-дене модельдеулерінің көмегімен зерттеу» және «AP14869395 Космологиялық уақыт масштабындағы Галактика орталығының динамикалық эволюциясының үш тұғырлы моделі» тақырыптары бойынша жүргізілді.
2.	Ғылымға маңыздылығы	Жұмыс ғылымға елеулі үлесін **қосады**/қоспайды, ал оның маңыздылығы **ашылған**/ашылмаған.	М.Т. Қаламбайдың диссертациясы ғылымға елеулі үлес қосады, өйткені астрофизикадағы қазіргі уақыттағы өзекті мәселелердің бірі – жұлдызды кластерлердің динамикасы және ондағы қара құрдымдардың әсерлері зерттелді. Жұмыстың астрономиялық әдістерін одан әрі дамыту үшін практикалық маңыздылығы бар. Оның нәтижелері Галактикадағы жұлдызды шоғырларды сандық модельдеп оларды шынайы бақылау нәтижелерімен салыстыру арқылы олардың физикасын тереңірек зерттеуге негіз бола алады.
3.	Өзі жазу принципі	Өзі жазу деңгейі: 1) **жоғары;** 2) орташа; 3) төмен; 4) өзі жазбаған	Зерттеу дербестігінің жоғары деңгейі ізденуші мақаласының беделді "Astronomy and Astrophysics" журналында (Q1, 87%, 2022) жариялануымен расталады. Сонымен қатар, аталған жұмысты жасау барысындағы Gaia DR2, DR3 дерекқорынан бақылау мәліметтерін өңдеу және талдау, және сандық есептеулерді ізденуші өз бетінше жүзеге асырғаны көрсетіледі.
4.	Ішкі бірлік	4.1 Диссертация өзектілігінің негіздемесі:	Бұл зерттеудің өзектілігі айқын негізделген. Осы уақытқа дейін

	принципі	1) **негізделген;** 2) жартылай негізделген; 3) негізделмеген.	Галактикадағы шоғырлар тек бақыланғанымен олардың пайда болған орындарын сандық тұрғында зерттелмеген. Және қара құрдымдар жас кластерлерде жоқ деп есептелінеді. Қара құрдымдарды зжас кластерлерде зерттеу өзекті болып табылады.
		4.2 Диссертация мазмұны диссертация тақырыбын айқындайды 1) **айқындайды;** 2) жартылай айқындайды; 3) айқындамайды	Бұл диссертацияның мазмұны жұмыстың тақырыбын толық айқындайды. Бірінші тарау Құс Жолы галактикасына шолу жасау мен тақырыптың негізгі бөліміне кіріспе ретінде жасалған. Екінші тарауда біздің Галактикада бақыланатын шар тәрізді шоғырлардың бастапқы пайда болған орындарын сандық модельдеу арқылы анықтаған және аталған шоғырлардың бір-бірңмен әрекеттесуін зерттеген. Үшінші тарауда орталық аса массалы қара құрдымның оны айналып жүрген шар тәрізді шоғырларға әсерін қарастырған. Төртінші тарауда Күн орбитасында қозғалатын жұлдыздық кластердің өмір сүргіштігіне ондағы қара құрдымдардың әсерін зерттеген. Сондай-ақ зерттеу нәтижелерін басқа әдебиеттерге сілтемелер келтіру арқылы, басқа ұқсас жұмыстармен салыстыру арқылы талданған. Жұмыста N-дене есебін сандық бағалайтын Phi-GPU коды қолданылған.
		4.3. Мақсаты мен міндеттері диссертация тақырыбына сәйкес келеді: 1) **сәйкес келеді;** 2) жартылай сәйкес келеді; 3) сәйкес келмейді	Диссертациялық жұмыста автор диссертация тақырыбына толық сәйкес келетін зерттеу мақсаты мен міндеттерін нақты тұжырымдаған.
		4.4. Диссертацияның барлық бөлімдері мен құрылысы логикалық байланысқан: 1) **толық байланысқан;** 2) жартылай байланысқан; 3) байланыс жоқ	Диссертацияда берілген кіріспе, 4 негізгі тарау және қорытынды толығымен логикалық түрде өзара байланысты.
		4.5 Автор ұсынған жаңа шешімдер (қағидаттар, әдістер) дәлелденіп, бұрыннан белгілі шешімдермен салыстырылып бағаланған: 1) **сыни талдау бар;** 2) талдау жартылай жүргізілген; 3) талдау өз пікірін емес, басқа авторлардың сілтемелеріне негізделген	Бақылау деректері бойынша Галактика центріндегі 147 шоғырдың әрқайсысына 100 ден аса сандық есептеу жүргізу арқылы олардың галактикадағы пайда болған орындарын анықтаған. Өмір сүру барысында олардың бір-бірімен соқтығысуын бағалаған, әрі орталық аса массалы қара құрдыммен әсерлесуінде қарастырған. Автор сандық есептеу көмегімен шоғырлардың өзара және аса массалы қара құрдыммен соқтығысулары мен жақын әсерлесулерінің жиілігін бағалаған. Оған қоса, Галактикада пайда болатын жұлдызды шоғырлардың құрамындағы қара құрдымдардың оның динамикалық эволюциясына әсері зерттелген. Олар жас кезінде бақыланбағанымен кейінірек әсері бар болатынын және кластердің өмірсүргіштігіне әсер ететіндігі зерттелген.

			Зерттеу аясында автор ұсынған жаңа шешімдерді, оның ішінде принциптері мен әдістерін белгілі шешімдермен салыстыру арқылы негіздеу және бағалау жүзеге асырылды. Алынған нәтижелерге сыни талдау да жүргізілді. Диссертациялық жұмыстың ғылыми тұжырымдарының сенімділігі басқа авторлар жасаған сандық модельдердің түрлері туралы теориялық үлгілер мен қорытындыларға сәйкестігімен расталады. Сондай-ақ, диссертациялық жұмысында тақырып бойынша түпнұсқа ғылыми жұмыстардың нәтижелеріне сілтемелер берілген және бұл автор ұсынған шешімдердің сенімділігін растайды. Жоғарыда аталған барлық тұжырымдар мұқият талдау жүргізу мен деректерді салыстыруға негізделген, бұл зерттеудің дұрыстығын көрсетеді.
5.	Ғылыми жаңашылдық принципі	5.1 Ғылыми нәтижелер мен қағидаттар жаңа болып табыла ма? 1) **толығымен жаңа;** 2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады); 3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады)	Бұл жұмыста ұсынылған ғылыми тұжырымдар мен нәтижелер толығымен жаңа. Ғылыми деректер өзінің ақпараттылығы мен нәтижелерінің дәлдігі бойынша халықаралық деңгейге сәйкес келеді.
		5.2 Диссертацияның қорытындылары жаңа болып табыла ма? 1) **толығымен жаңа;** 2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады); 3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады)	Диссертацияның қорытындылары жаңа болып табылады. Ғылыми жұмыста алғаш рет: 1. Gaia DR2 және DR3 бақылау дерекқорындағы шоғырлардың орбиталық траекторияларын анықтау үшін алғаш рет illustris-TNG 100 заманауи космологиялық сандық моделі көмегімен Құс Жолы галактикасына ұқсас модельдер қолданылды. 2. Біздің галактикадағы 147 жұлдызды кластерлердің пайда болғаннан бастап осы күнге дейінгі траекториясы бар каталогы құрылды. 3. Пайда болған шоғырлардың газ үрленгеннен кейінгі қарқынды релаксацияны басынан кешірген кластерлердегі қара құрдымдардың үлесі анықталды. 4. Кластерлерді аспан сферасына проекциялау және сандық модельдеудің нәтижесін қолдана отырып жорамал бақылаулар жүргізу әдісі жасалды.
		5.3 Техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқару шешімдері жаңа және негізделген бе? 1) **толығымен жаңа;** 2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып	Бұл жұмыстағы техникалық, технологиялық, экономикалық немесе басқарушылық шешімдер толығымен жаңа. Қойылған міндеттерді шешу мақсатында бақылау деректері Gaia DR2 және DR3 қорынан алынды. Құс жолы типтес галактикалар моделінің айнымалы потенциялы illustris-TNG 100 моделінен іріктелген. Және сандық модельдеу жоғары дәрежелі

		табылады); 3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады)	есептеуіш машиналарда Phi-GPU коды арқылы есептеулер жүргізілді.
6.	Негізгі қорытындылардың негізділігі	Барлық қорытындылар ғылыми тұрғыдан қарағанда ауқымды дәлелдемелерде **негізделген**/негізделмеген (qualitative research және өнертану және гуманитарлық бағыттары бойынша)	Диссертациялық жұмыс материалдары негізінде 7 баспа жұмысы, оның ішінде Қазақстан Республикасы ҒЖБМ ҒЖБССҚК ұсынған басылымдарда 2 мақала, Web of Science (Clarivate Analytics) және Scopus халықаралық ақпараттық ресурстарына кіретін импакт-факторы жоғары журналдарда 1 мақала және Халықаралық ғылыми конференцияларында 4 жұмыс жарияланған. Жоғарыда айтылғандар негізгі тұжырымдардың дұрыстығын көрсетеді.
7.	Қорғауға шығарылған негізгі қағидаттар	Әр қағидат бойынша келесі сұрақтарға жауап беру қажет: 7.1 Қағидат дәлелденді ме? 1) **дәлелденді;** 2) шамамен дәлелденді; 3) шамамен дәлелденбеді; 4) дәлелденбеді 7.2 Тривиалды ма? 1) ия; 2) **жоқ** 7.3 Жаңа ма? 1) ия; 2) жоқ 7.4 Қолдану деңгейі: 1) тар; 2) орташа; 3) **кең** 7.5 Мақалада дәлелденген бе? 1) **ия;** 2) жоқ	Диссертацияда қорғауға ұсынылған үш негізгі тұжырым келтірілген: 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. 7.1 дәлелденді 7.2 жоқ 7.3 иә 7.5 кең 7.5 иә 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. 7.1 дәлелденді 7.2 жоқ 7.3 иә 7.4 кең 7.5 иә 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. 7.1 дәлелденді 7.2 жоқ 7.3 иә 7.4 кең

			7.5 иә
8.	Дәйектілік принципі Дереккөздер мен ұсынылған ақпараттың дәйектілігі	8.1 Әдістеменің таңдауы - негізделген немесе әдіснама нақты жазылған 1) **ия;** 2) жоқ	Диссертациядағы қолданылған зерттеу әдістері жеткілікті түрде егжей-тегжейлі сипатталған. Әдістердің сипаттамасы 1.6 бөлімінде берілген.
		8.2 Диссертация жұмысының нәтижелері компьютерлік технологияларды қолдану арқылы ғылыми зерттеулердің қазіргі заманғы әдістері мен деректерді өңдеу және интерпретациялау әдістемелерін пайдалана отырып алынған: 1) **ия;** 2) жоқ	Диссертациялық жұмыстың нәтижелерін ізденуші ғылыми зерттеудің заманауи әдістерін, зерттелетін жүйелер үшін қолданылатын деректерді өңдеу және талдау әдістерін қолданған, оның ішінде phi-GRAPE/GPU кодымен CUDA/C, MPI, OpenMP технологияларын пайдалана отырып параллельді есептеулер жүргізген, Python ортасында NumPy, SciPy, Pandas пакеттерінің көмегімен, үлкен мәліметтерді өңдеген.
		8.3 Теориялық қорытындылар, модельдер, анықталған өзара байланыстар және заңдылықтар эксперименттік зерттеулермен дәлелденген және расталған (педагогикалық ғылымдар бойынша даярлау бағыттары үшін нәтижелер педагогикалық эксперимент негізінде дәлелденеді): 1) **ия;** 2) жоқ	Теориялық қорытындылар, модельдер, анықталған байланыстар мен заңдылықтар бақылау деректерін түсіндіру арқылы дәлелденген және бекітілген.
		8.4 Маңызды мәлімдемелер нақты және сенімді ғылыми әдебиеттерге сілтемелермен **расталған** / ішінара расталған / расталмаған	Жұмыстың ғылыми тұжырымдарының сенімділігі басқа авторлар жасаған сандық модельдердің алгоритмдері туралы теориялық үлгілер мен қорытындыларға сәйкестігімен расталады. Диссертациядағы маңызды мәлімдемелер халықаралық ғылыми журналдарда жарияланған әдебиеттерге сілтемелермен жақсы дәлелденген.
		8.5 Пайдаланылған әдебиеттер тізімі әдеби шолуға **жеткілікті**/жеткіліксіз	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 247 атауды қамтиды, әдебиеттерге шолу осы дереккөздерді толық және егжей-тегжейлі пайдаланады.
9	Практикалық құндылық принципі	9.1 Диссертацияның теориялық маңызы бар: 1) **ия;** 2) жоқ	Диссертация астрофизикаға қосылған елеулі үлес болып табылады, өйткені ол қолданыстағы теориялық модельдерді нығайта алады және қара құрдымдардың кластер динамикасына әсерін жақсырақ түсінуге бағытталған жаңа концепцияларды дамытуға ықпал етеді.
		9.2 Диссертацияның практикалық маңызы бар және алынған нәтижелерді практикада	Диссертациялық жұмыстың нәтижелерінің практикалық маңызы зор. Диссертациялық жұмыстың мәселелерін шешу үшін қолданылатын

		қолдану мүмкіндігі жоғары: 1) **ия**; 2) жоқ	әдістер мен талдаулар Галактикадағы шар тәріздес шоғырлардың эволюциясын зерттеу арқылы бақылау деректерін түсіндіруге негіз бола алады. Бұл практикалық қосымшалар шоғырлардың пайда болуы мен ондағы қара құрдымдардың оның эволюциясына қатысты астрономиялық зерттеулердің тиімділігі мен дәлдігін арттыра алады.
		9.3 Практикалық ұсыныстар жаңа болып табылады? 1) **толығымен жаңа;** 2) жартылай жаңа (25-75% жаңа болып табылады); 3) жаңа емес (25% кем жаңа болып табылады)	Диссертациялық жұмыс тәжірибесіне арналған идеялар мен ұсыныстар жаңа болып табылады, олар Галактикадағы жұлдыздық кластерлерді зерттеудегі іргелі мәселелерді шешуге көмектеседі.
10.	Жазу және ресімдеу сапасы	Академиялық жазу сапасы: 1) **жоғары;** 2) орташа; 3) орташадан төмен; 4) төмен.	Диссертациялық жұмыстың мәтінінің құрылымы мен ресімделуіне қойылатын талаптар толығымен орындалған, нәтижелер дәлелденген, пайдаланылған әдебиеттер дұрыс реттелген, әдебиеттер тізімі стандартқа сәйкес рәсімделген.

Ресми рецензенттің шешімі: Қаламбай Мухағали Тоқтарбайұлының **«Қара құрдымдары бар кластерлердегі жұлдыздық динамика»** тақырыбына жазылған диссертациялық жұмысы өте жоғары ғылыми деңгейде орындалған, сипатталған нәтижелер Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Білім және ғылым сапасын қамтамасыз ету комитетінің философия докторы ғылыми дәрежесін беру ережелерінің талаптарына сәйкес келеді, және оның авторы Қаламбай М.Т. «6B061100 – Физика және астрономия» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесіне лайықты.

Ресми рецензент:

PhD, Назарбаев Университеті
Энергетикалық ғарыш зертханасының
Ғылыми қызметкері

Көмеш Тоқтархан