



Universität Heidelberg  
Zentrum für Astronomie  
– Astronomisches Rechen-Institut –



Prof. Dr. R. Spurzem, Astronomisches Rechen-Institut, 69120 Heidelberg

To  
Ph.D. Review Committee  
Al-Farabi Kazakh National University  
71 Al-Farabi ave.  
050040 Almaty, Kazakhstan

Prof. Dr. Rainer Spurzem  
Mönchhofstr 12 – 14  
69120 Heidelberg  
Tel: +49 (0)6221-54 1830  
Fax: +49 (0)6221-54 1888  
spurzem@ari.uni-heidelberg.de

Heidelberg, 3. Mai 2022

#### REVIEW

for the dissertation by Otebay Aigerim Bainurkyzy  
Formation and evolution of Open clusters  
submitted for the degree of the Doctor of Philosophy (PhD)  
in the specialty 6D061100 – “Physics and Astronomy”

With this letter the undersigned certifies the efforts spent by Mrs. Otebay Aigerim Bainurkyzy and recommends her for the final thesis defense at the Department of solid-state physics and non-linear physics, Speciality 6D061100 - “Physics and Astronomy”.

The dissertation work of Mrs. Otebay provides new models of star clusters, that describe their evolution with the novel aspect to take into account star cluster formation conditions. For that, she uses the local-density-driven cluster formation model and applies different forms of density profiles to describe the gas-embedded clusters. Aigerim has demonstrated great skills in working with large datasets. During our collaboration in the last five years, she has managed to perform and analyze more than a hundred computer simulations of star clusters with different parameters. She has gained expertise in the dynamics of open clusters, computer simulations, and data analysis. We are collaborating on the further development of the new models of stellar clusters.

The dissertation work is based on the following publications, where she has played a key role in proposing the ideas and performing the research:

1. Bound mass of Dehnen models with a centrally peaked star formation efficiency, in *Astronomy & Astrophysics* (2021), **654**, A53.
2. Violent relaxation in isolated star clusters, in *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Physico-mathematical series* (2019), Vol. 3., **325**, 130.
3. How far can get FRB progenitor neutron stars from their birthplace? In *Recent Contributions to Physics* (2021), T.4, **79**, 33.

There are four chapters in the dissertation. In the first chapter, Aigerim introduced the research topic and reported an overview of modern problems of astrophysics regarding the topic of the work and the methods used in research.

The second chapter is concerned with the upper limit of star-formation efficiency for the formation of long-living open star clusters, under the approximation of an isolated system. This chapter serves as an introductory chapter for the topic of direct N-body simulations, using simplified models of stellar clusters.

The third chapter studies the survival of star clusters formed with very low star-formation efficiency after gas expulsion. To solve the problem of infant mortality of such clusters Mrs. Otebay proposed to use Dehnen density profiles as initial model. They better describe the density profiles of gas-embedded clusters than the widely used Plummer profiles.

Aigerim applied models of star clusters formed with a centrally-peaked star-formation efficiency to study the distribution of candidate progenitors of fast radio bursts (FRB) around young clusters in the last chapter.

In general, the research work performed by Mrs. Otebay Aigerim in the framework of the Ph.D. dissertation is very important to understanding the evolution of star cluster systems. In my point of view, the dissertation work of Mrs. Otebay Aigerim Bainurkyzy meets all requirements for works submitted for the degree of the Doctor of Philosophy. I recommend Mrs. Otebay for public defense for a Ph.D. degree in the specialty 6D061100 "Physics and Astronomy".

Foreign scientific advisor  
Doctor of Natural Sciences, Professor

(Prof. Dr. Rainer Spurzem)



(Гейдельберг  
университетінің  
эмблемасы)

Гейдельберг университеті  
Астрономия орталығы  
Астрономиялық есептеу институты

(Гейдельберг  
университетінің  
Астрономиялық  
орталығының  
эмблемасы)

Профессор Доктор Р. Шпурцем, Астрономиялық есептеу институты, 69120 Гейдельберг

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық  
университетінің Ph.D. Диссертациялық кеңесіне  
Қазақстан, Алматы, Әл-Фараби даңғылы 71

Проф. Доктор Р. Шпурцем,  
Менххофштрассе 12-14  
69120 Гейдельберг қ.  
Тел: +49 (0)6221-54 1830  
Факс: +49 (0)6221-54 1888  
spurzem@ari.uni-heidelberg.de

Гейдельберг қ., 2022 жылғы 3  
мамыр

Өтебай Айгерім Байнұрқызының  
6D061100 – «Физика және астрономия» мамандығы бойынша  
Философия докторы (PhD) дәрежесін алуға ұсынылған  
“Шашыраңқы жұлдыздық шоғырлардың түзілуі мен эволюциясы”  
тақырыбындағы диссертациялық жұмысына

**ПКІР**

Осы хатпен төменде кол қоюшы, Өтебай Айгерім Байнұрқызы ханымның жұмсаған күш-жігерін куәландырады және оны 6D061100 – "Физика және астрономия" мамандығы бойынша Қатты дене физикасы және бейсызық физика кафедрасында диссертациясын қорғауға ұсынады.

Өтебай ханымның диссертациясында жұлдыздық шоғырлардың пайда болу жағдайларын ескеретін жаңа аспектімен олардың эволюциясын сипаттайтын жұлдыздық шоғырлардың жаңа модельдері ұсынылған. Бұл үшін ол жұлдыздық кластердің жергілікті тығыздықтан тәуелді түзілу моделін қолданады және газға енгізілген кластерлерді сипаттау үшін тығыздық профилдерінің әртүрлі формаларын пайдаланады. Айгерім үлкен деректер жиынтығымен жұмыс жасаудың жетік дағдыларын көрсетті. Біздің соңғы бес жылдағы бірлескен жұмысымыздың барысында ол әртүрлі параметрлері бар жұлдыз шоғырлардың жүзден астам компьютерлік симуляцияларын іске асырып, талдау жасады. Ол шашыраңқы жұлдыздық шоғырлар динамикасында, компьютерлік модельдеуде және деректерді талдауда жетістіктерге жетті. Біз жұлдыздық шоғырлардың жаңа модельдерін одан әрі дамытудағы бірлескен жұмысымызды жалғастырудамыз.

Диссертациялық жұмыс идеяларды ұсынуда және зерттеу жүргізуде оның атқарған рөлі маңызды болған келесі жарияланымдарға негізделген:

1. Bound mass of Dehnen models with a centrally peaked star formation efficiency, in *Astronomy & Astrophysics* (2021), **654**, A53.
2. Violent relaxation in isolated star clusters, in *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Physico-mathematical series* (2019), Vol. 3., **325**, 130.
3. How far can get FRB progenitor neutron stars from their birthplace? In *Recent Contributions to Physics* (2021), T.4, **79**, 33.

Диссертацияда төрт тараудан тұрады. Бірінші тарауда Айгерім зерттеу тақырыбын ұсынған және зерттеулерде қолданылатын жұмыс пен әдістер тақырыбына қатысты астрофизиканың заманауи мәселелеріне шолу жасаған.

Екінші тарау окшауланған жүйеге жуықтатқанда ұзақ өмір сүретін шашыраңқы жұлдыздық шоғырларды қалыптастыру үшін жұлдыз түзу тиімділігінің жоғарғы шегіне арналған. Бұл тарау қарапайым жұлдыз шоғырларының модельдерін қолдана отырып, N денелерін тікелей модельдеуге арналған кіріспе тараудың қызметін атқарады.

Үшінші тарауда газ шығарылғаннан кейін жұлдыз түзу тиімділігі өте төмен жұлдыз шоғырларының өмір сүруі зерттеледі. Осындай шоғырлардың пайда бола салысымен жоқ болып кету проблемасын шешу үшін Өтебай ханым бастапқы үлгі ретінде Денен тығыздық профильдерін пайдалануды ұсынған. Олар кеңінен қолданылатын Пламмер профильдеріне қарағанда газға енгізілген кластердің тығыздық профильдерін жақсырақ сипаттайды.

Соңғы тарауда Айгерім жұлдыз түзу тиімділігі ортасына қарай өсе қалыптасқан жұлдыздық шоғырлар модельдерін жас шоғырлардың айналасында ұшқыр радио жарқылдардың (FRB) ықтимал көздерінің таралуын зерттеу үшін қолданған.

Жалпы, Өтебай Айгерім ханымның PhD диссертациясының аясында жасаған зерттеу жұмысы жұлдыздық шоғырлар жүйесінің эволюциясын түсіну үшін өте маңызды. Менің ойымша, Өтебай Айгерім Байнұрқызы ханымның диссертациялық жұмысы философия ғылымдарының докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылатын жұмыстарға қойылатын барлық талаптарға сай. Мен Өтебай ханымды 6D061100 "Физика және астрономия" мамандығы бойынша философия ғылымдарының докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін жасаған диссертациялық жұмысын көпшілік алдында қорғауға ұсынамын.

Шетелдік ғылыми кеңесші

Жаратылыстану ғылымдарының докторы, профессор

Райнер Шпурцем

*/қолы, мөр/*

(Проф., д-р Райнер Шпурцем)

Переводчик: Али Аманжолбаева Алия Бериковна



Оныншы мамыр екі мың жиырма екінші жыл, мен, Нұр-Сұлтан қаласы нотариаттық аймағының нотариусы Есназарова Жанна Адилхановна 24.12.2012 жылы берген № 12019357 мемлекеттік лицензия негізінде аудармашы Джайлаубаева Алия Бериковнаның, нотариустың, менің қатысуыммен қойылған қолының дұрыстығын куәландырдым. Оның жеке басы анықталды, әрекет қабілеттілігі мен өкілеттігі тексерілді.



№ 2406 тізілімде тіркелді  
Төленген сома: КРСК 611 бабына сәйкес  
Нотариус: Есн Есназарова Ж.А.



НӨМІРЛЕНГЕН БАУЛАНҒАН  
МӨРМЕН БЕКІТІЛГЕН.  
ПРОШНУРОВАНО, ПРОНУМЕРОВАНО  
ПЕЧЕЛЕНА ПЕЧАТЬЮ ЛИСТОВ.  
Есн



ET7406599220510172237R98107D

Нотариаттық іс-әрекеттің бірегей нөмірі / Уникальный номер нотариального действия