

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд

**за придобиване на образователната и научна степен „доктор“,
в професионално направление 4.1. Физически науки,
докторска програма „Астрономия и астрофизика“,
по процедура за защита във Физическия факултет (ФЗФ)
на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ (СУ)**

Рецензията е изготвена от: проф. д. физ. н. Цветан Борисов Георгиев,
НБУ, в качеството му на член на научното жури съгласно Заповед №38-
312/ 03.07.2023 г. на Ректора на Софийския университет

Тема на дисертационния труд: „Анализ на вероятностното разпределение
на плътността в звездообразуващи облаци“

Автор на дисертационния труд: Любов Любославова Маринкова

I. Общо описание на представените материали

1. Данни за представените документи

Кандидатът Л. Маринкова е представила дисертационен труд и авто-реферат. Добавени са и 7 на брой други документи, плюс 5 научни публикации в пълен текст. Представените по защитата документи съответстват на изискванията на ЗРАСРБ, ППЗРАСРБ и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в СУ „Св. Климент Охридски“ (ПУРПНСЗАДСУ).

2. Данни за кандидата

Л. Маринкова е завършила математическа паралелка с изучаване на английски език в Самоков (2010). Тя е бакалавър от ТУ-София (2014), спец. „Космически системи и технологии“, магистър от Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“ (2017), спец. „Космически изследвания“. Била е докторант по Астрономия и астрофизика в СУ (от 2018 до 2021 г.) и асистент по физика в ТУ-София (2021-2023 г.).

3. Обща характеристика на научните постижения на кандидата

Дисертантът е изследвал *общия строеж и еволюцията на звездобразуваща междузвездна среда* чрез анализ на функцията на вероятностно разпределение на плътността на газа. По-точно, отделени са и са анализирани първа и втора опашки от степенен вид на разпределенията като индикатори на съгътяваща се междузвездна среда.

Дисертацията е в обем от общо 77 стр., вкл. увод и две глави, представящи резултатите от изследванията. Добавени са две глави относно перспективите и обобщение на резултатите. Основният текст заема 65 стр., вкл. 18 илюстрации, 4 таблици и библиография с над 130 цитирани източници. Дисертацията се основава на 5 публикации: по една в Mon. Not. Roy. Astron. Soc. (UK), с $IF > 6$ [Veltchev et al. 2019], Bulg. Astron. J. със SJR [Marinkova et al. 2020], и Astron. Nachr. (Germany), с $IF > 4$, [Marinkova et al. 2021], един доклад на Сръбско-българската астрономическа конференция (2020) и един обзор, публикуван в Годишника на СУ „Св. Климент Охридски“. Първата публикация, с първи автор научния ръководител доц. Т. Велчев, е цитирана вече 16 пъти. В останалите четири публикации Маринкова е първи автор. Статията в AN е цитирана 2 пъти, а докладът от конференцията – веднъж.

Звездообразуването е най-грандиозният съвременен процес във Вселената. Това прави проблема за строежа и еволюцията на областите на звездообразуване в галактиките особено актуален. Областите на звездообразуване в газово-праховата междузвездна среда (МС) се наблюдават като междузвездни облаци (МО) с характерни размери десетки парсеци и маси $10^3 - 10^4 M_{\odot}$. Тези МО съдържат газ, прах, магнитни полета, лъчения и потоци от космически частици. По маса газът в МС е ≈ 100 пъти повече от праха. Различават се и H II области с типични плътности 10^2 cm^{-3} , температури 10^4 K , маси $10^5 - 10^6 M_{\odot}$ и размери над 100 парсека. Материалът за звездообразуване се осигурява от молекулярните МО.

В уводната *Глава 1* най-напред се описват морфологията и физиката на МС, вкл. турбулентност, гравитация, енергиен баланс и еволюционни фази. Приведени са съответните формули и уравнения. След това се представят основните индикатори за физическото състояние на МС: функцията на вероятностно разпределение (ФВР) на плътността и опашката от степенен вид (ОСВ) на ФВР.

Основни задачи на дисертацията са: (1) усъвършенстване на методиката за отделяне и изследване на ОСВ на ФВР на плътността (ФВР- ρ) и на колонковата плътност (ФВР-N); и (2) отделяне на втора ОСВ (ОСВ-2) на ФВР. При еволюцията на МС точката на отклонение на опашката се премества към по-малки плътности, а наклонът към края на режима на опашките намалява, клонейки към стойност ≈ -1 . Последният оформя ОСВ-2.

В *Глава 2* е представено определянето на ОСВ чрез адаптиран метод vPLFIT. Методът е тестван и изследван върху симулационни данни в глобален и локален мащаб. В начална МС със свръхзвукова турбулентност ФВР е от логнормален тип. По-късно, когато гравитацията преобладава в енергийния баланс на средата, ФВР придобива ОСВ. При изследванията обикновено най-напред се апроксимира логнормалната част на ФВР. След

това се определя точката на отклонение и се отделя ОСВ. При брой данни над 10^5 възникват технически проблеми. Затова е разработен адаптиран метод, основан на многобройни бинирания на данните плюс анализ и усредняване на резултатите. Алгоритъмът за проследяване на еволюцията на ОСВ е описан в Раздел 2.2. Методът е приложен върху симулационни данни на различни мащаби. Резултатите са стабилни. Най-съществено е изследването на чувствителността на метода към избора на картова рамка, представено в Раздел 2.4. Установено е, че в хода на еволюцията наклонът на ОСВ не се мени съществено, обаче наклонът, получен по данни с по-висока разделителна способност, е по-висок. Заключават се, че еволюцията на ФВР-N на молекулярния газ може да е различна от тази на целия газ [V19].

В Глава 3 е представен усъвършенстван адаптиран метод в PLFIT, чрез който се отделя ОСВ-2. Методът се прилага върху симулационни и наблюдателни данни. Първа опашка във ФВР-N, с наклон ≈ -1.7 , се наблюдава в диапазон от плътности ≈ 6 порядъка. Втора опашка, с наклон ≈ -1 се наблюдава при по-високи плътности, по данни с висока разделителна способност. Втора опашка на ФВР-N е открита неотдавна от други автори в множество области на звездообразуване. Методиката за отделяне на ОСВ-2 е описана в Раздел 3.1. Приложението на усъвършенствания адаптиран метод върху симулационни данни от HRIGT е илюстрирано и коментирано на Фиг. 3.3. Във всички случаи този метод регистрира две опашки, като първата от тях има очакван наклон ≈ -1.5 . Заключават се, че при гладки ФВР методът работи коректно и успешно. Приложението на метода върху наблюдателни данни от *Herschel* е представено и интерпретирано на Фиг. 3.4. Заключават се, че методът е широко приложим върху ФВР- ρ и ФВР-N, с регистрирането на две опашки с взаимно съгласувани наклони [Marinkova et al. 2020, Marinkova et al. 2021].

В Глава 4 се представят перспективи за продължаване на

изследванията. В *Глава 5* се прави обобщение на получените резултати.

След гореизложеното смятам, че:

(1) Научните публикации, включени в дисертационния труд, отговарят напълно на минималните национални изисквания (по чл. 2б, ал. 2 и 3 на ЗРАСРБ) и съответно на допълнителните изисквания на СУ за придобиване на образователната и научна степен „доктор” в съответната научната област и професионално направление;

(2) Включените в дисертационния труд научни публикации не повтарят такива от предишни процедури за придобиване на научно звание или академична длъжност;

(3) Няма доказано по законоустановения ред плагиатство в представените дисертационен труд и автореферат.

4. Характеристика и оценка на преподавателската дейност на кандидата. Няма.

5. Анализ на научните и научно-приложните постижения на кандидата съдържащи се в материалите за участие в конкурса

Изтъквам 4 основни приноси на дисертацията, които са *развитие на методика и получаване на нови научни резултати.*

(1) Разработен е адаптиран метод вPLFIT за извличане на ОСВ от ФВР-р и ФВР-N. Методът е базиран на бинирания на много големи обеми от данни и усредняване на параметрите след биниранията. Резултатите са практически същите, каквито са без биниране. Методът е тестван върху различни симулационни данни. Изучена е еволюцията на параметрите на ОСВ в зони на звездообразуване, вкл. в предзвездни ядра.

(2) Адаптираният метод е приложен върху части от симулирани МО, ограничени от правоъгълни рамки или изоконтури. Резултатите

практически не зависят от рамкирането. Установено е, че точката на отделяне на ОСВ показва критичната гравитация, водеща до започването на свиване на масивни предзвездни сгъстявания [Marinkova et al. 2020].

(3) Разработен е усъвършенстван метод в PLFIT за извличане на втора ОСВ. Методът е базиран на вариране на долната граница на обрязване на ФВР. Докато ОСВ-1 заема няколко порядъка по плътност и има наклон ≈ -1.5 , ОСВ-2 заема поне един порядък и има наклон клонящ към ≈ -1 . Тези резултати съответстват на теоретичните и числени резултати от други автори.

(4). Усъвършенстваният метод е приложен върху данни от *Herschel* за няколко области на звездообразуване. Наличието на две ОСВ се оказва типично [Marinkova et al. 2021]. Този факт е потвърден и цитиран през 2022 г. от друг изследовател.

Приносите са съществени и вече популяризирани. Две от публикациите, на които кандидатът е първи автор, са цитирани три пъти.

6. Критични бележки и препоръки.

Дисертацията съответства напълно на авторитетните публикации, на които се базира. Бих искал да чуя повече за данните HRIGT .

7. Лични впечатления за кандидата. Нямам.

8. Заключение

След като се запознах с представените дисертационен труд, авто-реферат и другите материали, и въз основа на направения анализ на тяхната значимост и съдържащи се в тях научни и научно-приложни приноси, **потвърждавам**, че научните постижения отговарят на изискванията на ЗРАСРБ

и Правилника за приложението му и съответния Правилник на СУ „Св. Климент Охридски“ за **придобиване на образователната и научна степен „доктор“**.

В частност, кандидатът удовлетворява минималните национални изисквания в професионалното направление и не е установено плагиатство в представените по конкурса дисертационен труд, Автореферат и научни трудове.

Давам своята **положителна** оценка на дисертационния труд.

II. ОБЩО ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на гореизложеното, **препоръчвам** на научното жури да присъди **образователната и научна степен „доктор“** в професионално направление **4.1 Физически науки, докторска програма „Астрономия и астрофизика“**, на Любов Любославова Маринкова.

7 септември 2023 г.

Изготвил рецензията:

Проф. д. физ. н. Цветан Борисов Георгиев

