

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за получаване на научната
и образователна степен „доктор”

Автор: Милен Станимиров Минев – докторант в
катедра „Астрономия“ към Физическия факултет
на Софийския университет „Св. Климент Охридски“

Научна специалност: 4.1. Физически науки (Астрономия и астрофизика)

Тема: „Променливост на различни типове активни галактични ядра”

Рецензент: Проф. Цветан Борисов Георгиев, д.физ.н.,
Нов български университет

Дисертацията заема общо 209 pdf страници, вкл. съкращения (15 стр) ,
увод (14 стр), обзор по темата (45 стр), три глави, представящи изследвания и
резултати (115 стр), както и 4 изтъкнати индивидуални приноси и библиография
(11 стр). Основният текст заема 178 стр., вкл. 72 илюстрации (повечето – мулти-
плети), 18 таблици и библиография с 362 цитирани източници. Изследванията са
проведени във Физическия факултет на Софийския университет, в сътруднич-
ество с астрономи от ИА и НАО – БАН, САО – Русия и с други учени.

Дисертацията се основава на 10 публикации – 4 в MNRAS, в една от които
дисертантът е първи съавтр, по една в Nature, ApJ, A&A, JPT и в ATel – 2. В пос-
ледните 3 публикации дисертантът също е първи съавтор. Към края на 2021 г.
публикациите са цитирани общо 117 пъти, вкл. тези в Nature, MNRAS, A&A,
ApJ и ATel – съответно по 73, 34, 7, 2 и 1 пъти. Отбелязани са и два доклада,
изнесени на международни конференции.

В дисертацията са отразени най-вече 15-годишни изследвания на 11 срав-
нително слабо изучени далеччи ($z > 1$) и околополюсни ($d > 70^\circ$) квазари, наблю-
даеми от нашата географска ширина целогодишно (Гл. 3, 4). Допълнително са
наблюдавани фотометрично 5 блазари в рамките на международната програма
WEBT (Whole Earth Blazar Telescope, Гл. 5).

Фотометрични наблюдения са извършвани с 50 см и 2 м телескопи на НАО Рожен, с 60 см телескоп на АО Белоградчик, както и с 36 см телескоп на Студентската обсерватория Плана. Спектри са получавани с 6 м телескоп на САО, в Русия. Чрез съвременен софтуер са обработени над 3000 CCD кадри. Отбелязвам впечатляващата прецизна работа по фотометричната и астрофизичната калибровка на данните, както и по преноса на VRI стандарти в 11-те полета на квазари.

Отразените в дисертацията изследвания са обширни, но поради ограничения обем на рецензията по-долу изтъквам само основните научни резултати.

В Гл. 1 са систематизирани основните цели, т.е. практически дейности. При изследванията на квазарите целите са пренос на стандарти, добив и обработка на мониторингови фотометрични данни, изследване на променливостта на лъчението чрез криви на блясък и структурни функции и определяне на физически параметри на обектите. При изследванията на блазарите целите са мониторингови фотометрични наблюдения и обработка на данни с принос към международно организирани многовъълнови изследвания.

В Гл. 2 са представени обектите на изследванията и техните основни физически особености, вкл. фотометрични и спектрални данни, модели и обзорни изследвания. Активните галактични ядра (АГЯ) са най-високо енергетичните източници на лъчение във Вселената. Те покриват целия електромагнитен диапазон, като излъчват и трудно регистрируемите гравитационни вълни и неутрино. Основните типове АГЯ са Сийфъртови галактики, със светимост от порядъка на $10^{11} L_{\odot}$ и квазари, с 10^2 — 10^4 пъти по-високи светимости. Различават се още няколко типа АГЯ, представени в Гл. 2.1.

Причините за мощното лъчение от квазарите са процесите на акреция на околна материя от сгъхмасивни черни дупки с маси $10^8 - 10^{10} M_{\odot}$ в ядрата на масивни галактики-домакини. Поради високата светимост квазарите са най-далечните в пространството и времето наблюдаеми астрономични обекти. Тяхното изучаване е ключ към разбирането на строежа и еволюцията на масивните галактики и на Вселената като цяло. Това прави тези АГЯ все по-интересни и актуални в съвременната астрофизика.

В Гл. 3 е описана основната част на изследванията. Избраните 11 квазари са представени в Гл. 3.1, заедно с обзор за всеки от тях. Основните детайли на фотометричните изследвания – фотометрична и астрофизична калибровка – са представени подробно и точно в Гл. 3.2. Резултатите са систематизирани в Гл.3.3. Картите за отъждествяване са дадени на фиг. 3.23. Фотометричните резултати включват VRI криви на блясъка, диаграми цвят-величина и структурни функции (фиг.3.24—3.34). В Гл. 3.4 са представени определените физически характеристики на изследваните квазари – абсолютна звездна величина и светимост (Табл. 3.7). Проверки на достоверността на променливостта на лъчението (0.2—0.4 mag) са направени чрез Монте-Карло симулации. Насоки за по-нататъшна работа са дадени в Гл. 3.5. Част от фотометричните данни са публикувани предварително ([1], Minev et al., 2020).

В Гл. 4 е отделено специално внимание на квазара QSO B1312+7837 (Q09), ([2], Minev et al, 2021). Този обект, със $z=2$ и абс. зв.вел. -30.1 mag има светимост около 100 пъти по-висока от средната за квазари на същото z . Авторите предполагат, че в лъчението се проявява двойна черна дупка с разстояние между компонентите под 1 ps. Те оценяват масите на компонентите от порядъка на $10^8 M_{\odot}$. По този модел е определен период от 2237 ± 12 дни (Фиг.4.3). Оптичестката променливост може да се обясни и чрез стохастически процес по фракталния модел DWR (Dumped Random Walk). В крайна сметка излиза период от около 660 дни, с голяма неопределеност (Фиг.4.4). За този подход 15 годишните наблюдения се окзват недостатъчно продължителни.

В Гл. 5 са представени монитоинговите наблюдения на блазари по програмата WEBT, провеждани в НАО Рожен, АО Белоградчик и САО Плана. Блазарите са квазари с релативистки полярни джетове, ориентирани приблизително към наблюдателя. Зад публикацииите по програмата WEBT стоят десетки съавтори. Определени са и са коментирани различни параметри на обектите [3-7]. След многогодишни многовъълнови наблюдения [4] блазарът СТА 102 е обяснен в журнала Nature като притежаващ усукан нехомогенен джет [3]. Схема е представена на фиг.5.7. Джетът и ядрото на блазара 4C71.07 са изяви в [5], фиг.5.10. Проведен е десетилетен мониторинг на блазара 3C279 [6]. Криви на блясъка са

показани на фиг.5.13.

Блазарът BL Lac е прототип на квазарите с бърза и голяма променливост. Поредният многовълнов мониторинг с голяма времева разделителност е представен в [7] и на фиг.5.18. Прждължаване на високата светимост на този обект е регистрирано през 2021г на Рожен от Minev et al. [8]. UBVRi фотометрия на блазара B2142+32 е проведена от Minev et al. [9] в началото на 2020 г на Рожен. Блазарът QSO B1420+326 е силно променлив в областта на високите енергии. Minev et al. в доклад на MAGIC Conference и D'Ammando et al. [10], с участието на Minev, съобщават UBVRi фотометрия в пика на яркостта (фиг.5.26). Спектралното разпределение на енергията е показано на фиг.5.30.

Според авторската справка, която подкрепям, водещата роля на дисертанта изпъква в следните 4 аспекта.

(1) Активно участие в многогодишен фотометричен мониторинг на 11 квазари. Построени са и са анализирани криви на блясъка, диаграми цвят – величина и структурни функции [1].

(2) Пренос на фотометрични стандарти в 11 площадки на квазари. Методиката е описана подробно.

(3) При квазара QSO B1312+737 (Q09) е установена периодичност на блясъка, интерпретирана като проява на двойга черва дупка [2].

(4) Даден е съществен принос към наблюденията на 5 блазара в международната кампания за многовълнови изследвания WEBT [3-7]. Тук следва да се добави и наблюдавано е повишаване на блясъка на QSO B1420+326 с 5 зв.вел.

В резултат на гореизложеното заключавам, че целите на дисертацията са постигнати. Проведените изследвания са на предния край на астрофизиката. Повечето научни приноси са публикувани. Според мен дисертантът притежава дълбоки знания и умения, вкл. в провеждането на високо технологични астрофизични изследвания и в публикуването на резултатите в престижни журналы. Дисертацията и автореферата са написани прецизно.

Бих искал дисертантът да обясни каква информация би могла да бъде извлечена от структурните функции на фиг. 3.24—3.34.

Критикувам големия обем на дисертацията. Тя е претоварена с много подробности, илюстрации и таблици, мястото на които е в публикациите. За да не затруднява безпричинно рецензента, а други читатели не се очертават, дисертацията би трябвало да съдържа около 100 pdf страници (около 200 „стандартни машинописни страници“). Критикувам и големия обем на автореферата. Той не може да заменя дисертацията и следва да има около 30 pdf страници. Представеният автореферат, заедно с публикациите, би ми бил достатъчен като дисертация. Отбелязаните „предостатъци“ на дисертацията са незначителни от гледна точка на въпроса дали дисертантът е вече изграден учен. Отговорът е – да, несъмнено.

Смятам, че дисертацията и съпътстващите я публикации удовлетворяват напълно изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България, правилниците към него и специфичните изисквания на Физическия факултет на СУ.

В заключение, давам изцяло ПОЛОЖИТЕЛНА ОЦЕНКА на дисертационния труд и убедено препоръчвам на членовете на почитаемото Научно жури да присъдят научната и образователна степен „доктор“ на Милен Станимиров Минев.

06 февруари 2022 г.

Рецензент:



(Проф. Цветан Б. Георгиев)