

## Авторска справка за приносния характер на трудовете на гл. ас. д-р Антония Трендафилова Вълчева

представени за участие в конкурс за “Доцент” по 4.1. Физически науки /Астрономия и астрофизика/  
обявен в Държавен вестник, бр. 50 от 15.06.2018 г.

Списъкът на представените за участие в конкурса за доцент публикации включва 27 статии в областта на наблюдателната астрономия и астрофизиката, като 14 от тях са публикувани в реферирани международни списания с импакт фактор (от 1.1 до 1.14), в една е публикуван доклад в пълен текст от престижна международна конференция (2.1). Останалите 12 статии са публикувани в реферирани национални списания (3.1 до 3.12). В представения списък не са включени докладите от конференции, публикувани в пълен текст в реферирани издания без импакт фактор. Общият брой забелязани цитирания на представените публикации е 292 с h-индекс 12 по <https://ui.adsabs.harvard.edu/>.

Статиите 1.1, 3.1 и 3.2 са използвани от кандидата при защитата на дисертация за присъждане на образователна и научна степен „доктор“.

Научната работа, отразена в избраните 27 публикации, е в областта на наблюдателната астрономия и засяга наблюдения в широк спектрален диапазон, обработка и анализ на наблюдателни данни.

Научните приноси на кандидата могат да се групират в следните основни направления:

### **1. Изследвания на звездни населения в Нашата галактика и близки галактики (1.1, 1.13, 3.4, 3.6, 3.8, 3.11, 3.12).**

Звездните населения в галактиките се характеризират с определени свойства, зависещи от тяхната маса и възраст и хим. състав, които намират отражение в разпределението на спектралната енергия, излъчена от тях. Нашата галактика и близките такива са най-подходящи за изследване свойствата на звездните населения, поради възможността да се изследват индивидуални обекти в голям спектрален диапазон. Изследването на фотометричните и физичните свойства на отделните звездни населения е важно за моделиране на звездната еволюция, а откриването им в различни типове галактики дава възможност да се определят основните параметри на галактиките – възраст, разстояние, история на звездообразуването и химическа еволюция.

#### **• Изследване на звездите от асимптотичния клон на гигантите и C/M отношение в неправилната галактика WLM (1.1)**

Населението от асимптотичния клон на гигантите (AGB) в неправилната галактика от Магеланов тип WLM е изследвано чрез оригинални наблюдения в IR област. Отделени са звездите богати на кислород (M-звездите) от тези богати на въглерод (C-звезди) чрез наблюдателен криерий и е получено отношението на броя им  $C/M=0.56\pm 0.12$ . Това отношение е важен параметър при неправилните и галактиките джуджета, който зависи силно от металичността, като тази зависимост все още се установява. Определен е максимум в разпределението на зв. величина на C-звездите  $M_{KS}=-7.51$  mag в WLM, параметър свързан с металичността на средата. Пространственото разпределение на AGB звездите показва наличието на два звездни комплекса с размери от порядъка на няколко стотин парсека.

#### **• Изследване на звездното население в галактичния кълбовиден куп Whiting 1 – възраст, металичност и разстояние. Нови кандидати за променливи звезди (1.13)**

Галактичният млад кълбовиден куп Whiting 1 е изследван в близката IR област и на базата на изявяващите се звездни населения – червени свръхгиганти и субгиганти – чрез фитиране с набор от изохрони върху диаграмата K - (J-K) са определени неговата нетипично млада възраст  $t=5.7\pm 0.3$  Gyr, металичност  $z=0.006\pm 0.001$  ( $[Fe/H]=-0.5\pm 0.1$ ) и модул на разстоянието

$(m-M)_0 = 17.48 \pm 0.10$ . Получените резултати са в добро ( $1\sigma$  интервал) съгласие с оптичните оценки получени от Carraro et al. (2007).

За първи път е проведено търсене на променливи звезди (V филтър) в полето на купа и в резултат са открити два кандидата за затъмнително двойни звезди. Техните диференциални криви на блясъка дават амплитуда от  $\sim 0.2$  mag и за двете звезди в рамките на изследвания период от 35 дни.

- **Търсене и изследване на нови в галактиката M31, криви на блясъка и важни физични параметри (3.4, 3.8, 3.12)**

От 2004 г. в България съществува група за търсене на нови в галактиката M31, член на която е кандидатът в настоящият конкурс. Галактиката се наблюдава периодично с телескопите на НАО Рожен и САО Плана и по този начин групата разполага с голямо количество оптичен наблюдателен материал за нови, открити от 2004 г. до този момент. На базата на тези наблюдения за някои от обектите са построени криви на блясъка, определен е техният тип и е изчислена скоростта на падане на блясъка за  $\Delta m = 2,3$  mag, важен параметър за уточняване на зависимостта „Максимален блясък – скорост на падане на блясъка“ (MMRD), която позволява да се използват новите като индикатори на разстояние.

Изследвано е фотометричното поведение на девет нови в периода юни-декември 2010 г. и една нова M31N 2016-07c, и една повторна нова M31N 2016-07e от юли 2016 г. На базата на оригинални наблюдения и данни от литературата са построени техните криви на блясъка в BVR филтри, където е възможно. Определени са типа на новата според особеностите в кривата на блясъка и параметъра  $t_2$  - времето за падане на блясъка с 2 зв. величини за 3 от новите и повторната нова. Дискутирана е зависимостта „максимален блясък – скорост на падане на блясъка“ (maximum magnitude – rate of decline, MMRD), като резултатът за M31N 2016-07c е в добро съгласие с получената до този момент калибровка на MMRD от Schafter et al. (2011) (3.8, 3.12).

В близките галактики е възможно променливите от тип Мира по време на максимум да "се маскират" като нови. В статиите (3.4, 3.8) е дискутиран този проблем и са разгледани 2 мириди в галактиката M31, едната от които е открита от българския екип и обявена първоначално за нова в галактиката M31. В статиите са представени астрометрични и фотометрични данни, карти за идентификация и анализ на кривите на блясъка на тези обекти, които могат да спомогнат за по-бързото разграничаване на Миридите от новите (3.4, 3.8).

- **Изследване на ЯСП (Luminous Blue Variables – LBV) и техните криви на блясъка, чрез структурни функции (3.11)**

Обект на изследване са 12 от най-наблюдаваните LBV звезди в галактиките M31, M33, Млечен път и Голям Магеланов Облак. Анализирани е тяхното фотометрично поведение чрез построяването на дългопериодични криви на блясъка ( $\sim 100$  години) и техните структурни функции – метод, даващ възможност да се оцени променливостта на обектите на различни времеви скали – от няколко дни до векове. Изчислени са двата основни параметъра на структурните функции на LBV звездите – наклон на структурната функция и характеристично време, като резултатите сочат, че те имат антикорелация. Анализът е приложен и за добре изследваната класическа Цефеида *S Vul*, като резултатите сочат, че ако характеристичните времена от структурните функции могат да се използват вместо периодите на Цефеидите в известната зависимост „период-светимост“, то LBV звездите ще могат да се използват като индикатори на извънгалактични разстояния.

- **Изследване на фликеринга в кривата на блясъка на катаклизмичната променлива MV Lyrae (3.6)**

Анализирани са бързите вариации на блясъка (фликеринга) на представяме CCD наблюдения на бързите вариации на блясъка (фликеринг) на катаклизмичната променлива MV Lyrae в ниско и високо състояние (от 12.6 до 17.8 зв. величина във V). Наблюдателните данни покриват период от 36 наблюдателни нощи в рамките на 3 години и са получени в сътрудничество с няколко наблюдателни екипа. Намерена е зависимост на амплитудата на фликеринга със

средния поток от вида  $\Delta F \sim F^k$  с показател  $k=0.80$  за U, B, V, R и I филтри, коефициентът  $k$  не зависи от дължината на вълната и от фотометричното състояние на MV Lyr.

## **2. Изследвания на екстинкцията в Нашата галактика и близки галактики (1.1, 2.1, 3.1, 3.2, 3.7)**

Изследването и определянето на екстинкцията е от съществено значение в астрономията, тъй като всяко електромагнитно излъчване, което регистрираме е преминало през дори и малко количество междузвездна среда преди да достигне до нас. Съставянето на карти и изследването на нейното радиално разпределение в галактиките е актуална задача от години.

Изследването на екстинкцията в галактиките до голяма степен е обвързано със звездните населения в тези галактики, защото влиянието на междузвездната среда и нейните свойства се оценява предимно чрез анализ на излъчването на подходящи звездни населения, напр. млади OB звезди и червени свръхгиганти, чиито свойства са ни известни.

### **• Карта на екстинкцията в полето на галактичната асоциация Cyg OB2 (3.7)**

Получени са оригинални UBV наблюдения с 50/70 Шмид телескопа на НАО Рожен на галактичната OB асоциация Cyg OB2. Фотометрирани са 2930 звезди в полето на асоциацията, като за 105 от тях е налична спектрална класификация от литературата. Чрез двуцветната диаграма  $(U-B)-(B-V)$  са селектирани 389 млади и масивни звезди от спектрален клас O и ранен B и е определена индивидуалната екстинкция  $E(B-V)$  по лъча на зрение към всяка от тях. Индивидуалните оценки за екстинкцията варират в интервала (1 – 3.3 mag) и чрез тях е построена подорбна карта на екстинкцията в разглежданата асоциация, която ще е от съществено значение при изследването на всички обекти в това поле.

### **• Закон за екстинкция и пълно-към-селективно поглъщане в Големия Магеланов Облак (3.2)**

Направена е фотометрична извадка от 46 червени свръхгиганти със средна екстинкция, попадащи на клона на червените свръхгиганти и 19 такива обекта с допълнителна екстинкция. За получаване на закона за екстинкция в ГМО е използван метода на диференциалната екстинкция в оптичния (BVR) и в IR (JHK) диапазон – изчислени са индивидуалните разлики  $A_\lambda/A_V$  и е анализирано тяхното разпределение. Най-типичната стойност на параметъра  $R_V$  в закона за екстинкция в LMC е  $2.7 \pm 0.4$ , което слабо се различава от този, получен в Галактиката и сочи към по-финни прахови частици в междузвездната среда на LMC.

### **• Оптична плътност на диска на M31 и закон за екстинкцията, определени чрез кълбовидни купове и галактики видими зад диска (2.1, 3.1)**

Направена е оценка за оптичната плътност  $E(B-V)$  на диска на галактиката M31, като са използвани оригинални NIR наблюдения на 21 далечни елиптични галактики, видими зад него. Галактиките са представителни за две средни галактоцентрични разстояния: 20' и 90'. Предположението за еднакъв истински цвят  $(H-K)_0=0.22$  mag (Persson et al. 1979), типичен за елиптичните галактики, не води до корелация между получените екстинкции  $E(B-V)$  и колонковата плътност на водорода, което води до използването на еволюционни модели на галактики от различни морфологични типове GALEV (Bicker et al. 2003) за определянето на истинските цветове. Идентифицирани са 5 елиптични и 1 Sa галактика, чиито индивидуални екстинкции показват добра корелация с колонковата плътност на водорода. Получените оптични плътности, изразени чрез  $E(B-V)$ , се изменят от 0.1 до 0.6 mag, не показват радиална зависимост и са представителни за полу-прозрачен диск на M31 (3.1).

В последващ анализ на гореспоменатите обекти са привлечени оптични данни за тях в UBV RI филтри (Massey et al. 2006). Някои от обектите се откриват като кълбовидни купове или са заподозрени кълбовидни купове от M31 (Galletti et al. 2006), затова е приложен нов подход, който включва едновременното определяне на индивидуалните екстинкции, пълно-към-селективно поглъщане и други параметри, чрез набор от теоретични разпределения на енергията за кълбовидни купове (Kurth et al. 1999) и елиптични галактики (Bicker et al. 2004) и  $\chi^2$  минимизация. Като краен резултат от минимизацията се получава, че повечето обекти се

описват по-добре с моделите за звездни купове, а от 10-те кълбовидни купове и кандидати на Galleti et al. (2006), 7 обекта са действително кълбовидни купове, 2 са галактики с активно звездообразуване и един е елиптична галактика. Индивидуалните екстинкции се съгласуват с предишни резултати за полу-прозрачен диск в междуспиралното пространство, а оценки за  $R_V$  показват, че средно пълното-към-селективното поглъщане е  $2.75 \pm 0.1$ , по-ниско от стандартното за Галактиката.

- **Отношение газ-прах в неправилната галактика WLM и разстояние (1.1)**

Направена е оценка за отношението газ-прах в неправилната галактика WLM, на базата на получена зависимост с оценки в други галактики. Полученият резултат  $N(\text{HI})/E(B-V) = 60 \pm 10$  [ $10^{21}$  at./cm<sup>2</sup> mag]. е използван едновременно с картата на неутралния водород на Jackson et al. (2004) за да се определят индивидуалните екстинкции към 4 цефеиди в полето на галактиката и да се получат оценки за модула на разстоянието. Средното получено разстояние е  $(m-M)_0 = 24.84 \pm 0.14$  mag.

### **3. Изследвания на блазари, включени в кампании на Whole Earth Blazar Telescope (WEBT) (1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 1.14, 3.3).**

Блазарите са клас ярки АГЯ, които се характеризират с неперодични и мощни избухвания, които се отразяват в светимостта им в целия електромагнитен спектър. За разбиране на физичните процеси, водещи до такива избухвания и структурата им е необходимо изследването на променливостта на блазарите в целия електромагнитен диапазон. Това е една от най-актуалните астрофизични тематика през последните 10-15 години и изисква едновременното и непрекъснато наблюдение с наземни и космични телескопи на изследваните обекти.

За да се осъществи такава задача, несъмнено се изисква сътрудничеството на множество екипи в целия свят. Решението се оказва създаване на многовълнови международни кампании за наблюдение на избрани обекти. The Whole Earth Blazar Telescope е международна мрежа за изследване на силно-променливи АГЯ, а именно блазарите. В нея участват екипи от цял свят и предоставят наблюдателни данни за конкретни обекти от различни телескопи в оптичната, близката IR и радио области. Всяка кампания е обвързана със сателитни наблюдения и в  $\gamma$ - и рентгеновата област. Вече повече от 10 години, благодарение на участниците в WEBT са проведени многовълнови наблюдения на 6 много променливи блазари – 3C 454.3 (1.2, 1.4, 1.5, 1.10), BL Lac (1.7, 1.12), AO 0235+164 (1.3), OJ 248 (1.14), 3C 66A (1.8), 4C 38.41 (1.11) и са анализирани хиляди наблюдателни точки, които са довели до съществени резултати в разбирането и моделирането на тези избрани обекти. Научните резултати от международните кампании на WEBT са публикувани в най-престижните астрономически списания.

В актуалните кампании на WEBT с наблюдателни данни участват и български екипи от СУ „Св. Климент Охридски“, ИА, БАН и ШУ „Епископ Константин Преславски“. От 2004 г. насам екипът астрономи от СУ е допринесъл с около хиляда фотометрични точки в 5 филтъра за 6-те гореспоменати обекта.

Наблюдателни кампании на избрани АГЯ се организират и самостоятелно в България. Благодарение на такава кампания са изследвани квазарите PG 1211+143 (1.6) и SDSS J075448.86+303355.1 (3.3). Оптичните наблюдения от телескопите на НАО Рожен, в комбинация с космични наблюдения от Swift и XMM-Newton водят до интересни научни резултати за особеностите на PG 1211+143, публикувани в престижно списание с висок импакт фактор.

### **4. Други изследвания (3.5, 3.9, 3.10)**

- **Модернизиране на оптичната система на 35 cm (350/1600) телескоп, монтиран в Студентската астрономическа обсерватория „Плана“ (3.10)**

Оптичната система на 35 cm (350/1600) телескоп на катедра „Астрономия“, монтиран в Студентската астрономическа обсерватория „Плана“ е модернизирана чрез замяна на вторичното огледало, с цел да се минимизират ефектите от винетирането на полето и е

монтиран нов автоматичен фокусер за бързо и фино фокусиране на звездния профил. След модернизацията са проведени наблюдателни тестове и е направена оценка на полето, свободно от винетиране  $\sim 22.5$  mm (2500 pix) в диаметър. Качеството на звездните изображения и дълбочината на звездната фотометрия са изследвани чрез заснемането на стандартно поле, M92, в което са известни между 2000 и 4000 звезди с точна фотометрия в BVR филтри. Резултатите сочат, че могат да бъдат определени зв. величини  $\sim 18.3$  mag в R ( $\sim 18.5$  mag в V;  $\sim 19$  mag в B) с добра точност ( $\sigma < 0.05$  mag) и до  $\sim 19.5$  mag с  $\sigma < 0.2$  mag и за трите филтъра.

- **Фотометриране на ярки обекти в балджа на галактиката M31 (3.5)**

Използвана е прецизна BVR фотометрия на 100 много ярки обекта в централните области на галактиката M31 (5x5 кв. дъгови секунди) за да се изследва влиянието на градиента на яркостта на балджа върху провежданата фотометрия. Първоначално е проведена апертурна фотометрия без да се изважда приноса на балджа, след което е повторена процедурата като от кадрите е изваден GALFIT модел на яркостта на балджа. Резултатите показват, че точността на фотометрията се подобрява два пъти, когато от кадрите, съдържащи централните части на M31 се извади приноса на балджа.

- **Положение на двете сателитни галактики M32 и M110 на галактиката M31 (3.9)**

Галактиката M31 има два забележими спътника – галактиките M32 и M110. Чрез анализ на поведението на цветовите индекси на двата обекта (HyperLeda 2014) по две посоки: на константна вътрешна екстинкция от M31 и неизменящ се цветови ексцес и в посока към центъра на M31, където вътрешната екстинкция и цветови ексцес имат градиент. Ако и двете сателитни галактики са разположени зад диска на M31, то се очаква да са повлияни от градиента на екстинкцията в диска на M31. Резултатите показват, че в случая на M32 не се наблюдават асиметрии в цветовите ексцеси и по двете посоки, докато за M110 се наблюдава съществено почервяване в посока към центъра на M31. Тези резултати могат да се интерпретират като фотометрично доказателство за положението на M32 и M110, съответно пред и зад диска на M31.