

Авторска справка за научните приноси
по конкурса на тема
„Активни процеси на Слънцето, звездна активност, планетни системи“
от Никола Иванов Петров

В различните слоеве на слънчевата атмосфера (фотосфера, хромосфера и корона) спорадично възникват взаимодействия на слънчевата плазма с магнитното поле с различни пространствени, времеви и енергетични мащаби. Все още не са изяснени напълно причините за промените и цикличността на магнитното поле на Слънцето, за процесите на нагряване на слънчевата корона, ускоряване на слънчевия вятър, слънчевите избухвания и акрецията на междупланетно вещество. Подобни проблеми възникват и при изследване на звездите. Ето защо резултатите от изследванията на активните процеси на Слънцето се използват и при изучаването на физическите условия и вътрешния строеж на звездите и при построяването на еволюционни модели.

Съществува многообразие в проявленията на слънчева активност, но основните от тях със съществен геоэффективен потенциал са слънчевите петна, протуберансите, слънчевите избухвания и изхвърлянето на коронална маса. Така в края на 20-ти и началото на 21-ви век космическите науки, и в частност хелиофизиката, въведоха понятието „космическо време“. То характеризира физическите условия в атмосферата на Слънцето и слънчевия вятър, влияещи върху магнитосферата, йоносферата и термосферата на Земята, които от своя страна създават неблагоприятни условия в работата на космическите и наземните технологични системи и имат негативен ефект върху човешкото здраве. Резултатите от изследването на процесите, определящи космическото време в Слънчевата система, се използват при изучаване на физическите условия, произхода и еволюцията на други планетни системи.

1. Активни процеси на Слънцето

Една част от колектива в сектор „Слънце и Слънчева система“ на ИАСНАО предлагаме за изследване и анализ на все още дискуссионни въпроси, свързани с динамиката на активни процеси в слънчевата корона както по време на пълни слънчеви затъмнения (ПСЗ), така и извън тях. Днес живеем в епоха, в която научните изследвания на Слънцето и слънчево-земните взаимодействия са все по-усъвършенствани и широко разпространени. Въпреки това пълните слънчеви затъмнения остават космическа лаборатория, невъзможна за симулиране на Земята и предлагат шанс за детайлно изучаване на слънчевата корона и случващите се в нея активни процеси, които влияят на ежедневието ни.

1.1. Поляризационни наблюдения и анализ на слънчевата корона

Такива изследвания се основават на факта, че интензитетът на бялата корона е линейно свързан с плътността на свободните електрони в короната. Фотометрични наблюдения по време на пълни слънчеви затъмнения, предлагат възможност за директно определяне на електронната плътност на короната. Главната цел при такива изследвания е да се получи едромасабното разпределение на електронната концентрация. Използва се фотографска техника и линейни поляризатори, с възможност за въртене на фиксирани позиции. Определянето на степента на поляризация в слънчевата корона спомага да се разделят К (електронна компонента) и F (прахова) компонентите на короната.

Изследвания на нашия екип по тази наблюдателна задача бяха успешно проведени по време на научно-изследователски експедиции за наблюдаване на пълните слънчеви затъмнения през 1999г.-България, 2006г.-Турция, 2009г.-Китай, 2017г.-САЩ и 2019г.-Чили. На разстояния по-малки от три слънчеви радиуса, F – короната практически не е поляризирана. Нашите наблюдателни резултати показват, че все пак има случаи при които това твърдение може да бъде нарушено, което показва необходимостта от провеждане на следващи наблюдателни експедиции.

Една важна за нас задача е свързана с влиянието на земното магнитно поле и атмосфера върху разпределението на степента на поляризираната светлина в слънчевата корона. Тук основните елементи от нашите изследвания са свързани с определянето на зависимостта на поляризирана светлина на слънчевата корона от фазата на 11 годишния цикъл на слънчева активност, както и отстояние на слънцето над хоризонта по време на тоталитета. Считаме също, че значителен ефект за определяне границите на електронната компонента на слънчевата корона играе ландшафта и заобикалящата ни среда по време на наблюденията на пълните слънчеви затъмнения. Заради различни коефициенти на отражение на светлината, в зависимост от това дали наблюдателните екипи са близо до големи водни басейни (морета, океани), пустинни или гористи области, се отчита допълнителен принос на поляризирана светлина от небето. Това е все още малко изучен проблем, за който има представени наши резултати, но вярваме, че нашите наблюдения по време на затъмнението от 2019г., както и предстоящото през декември 2020г. можем да представим едно доста пълно и обзорно изследване на този проблем.

1.2.Интерферометрични наблюдения на S-короната на слънцето

Това е важна задача не само за физиката на Слънцето, но и за физиката на слънчево-земните въздействия. Една от характеристиките на междупланетната среда в близост до Слънцето е наличието на фрагменти от твърдо вещество – космически прах, остатъци от кометни ядра и метеорни потоци. Изучаването на междупланетните прахови частици в Слънчевата система е дискуссионен проблем от много време насам. Една неизяснена все още задача е определянето на вътрешните граници на разпределение на тези частици в околността на нашето Слънце.

Пълните слънчеви затъмнения предлагат възможност за изследване на вътрешните области на междупланетните прахови облаци, независещи от механизма на излъчване при разсейване. Една такава възможност е регистриране на собственото топлинно излъчване на нагретия прах при резонансно излъчване на атоми и нискозарядни йони, образуващи се при сублимация на праховите частици. Като индикатор на зоната на сублимация на междупланетните прахови частици могат да служат преди всичко резонансните линии на металите. Определено време освободените атоми продължават да участват в общото движение на пораждащия ги прах. Поради това резонансните емисии са дължни, очевидно, да показват доплерови отмествания, съответстващи на съставната кеплерова скорост по зрителния лъч.

Беше осъществен за първи път наблюдателен експеримент с използването на тесноивични филтри и еталон на Фабри-Перо за регистриране на емисия при сублимация на неутрален прах в близост до слънцето. Установено е наличие на неутрален прах в слънчевата корона на разстояния по-малко от 1.5 слънчеви радиуса. Самият наблюдателен резултат показва, че подлежат на осъвременяване на досега съществуващите теоретични модели, които не допускат неутрален прах за разстояния по-малки от 4 слънчеви радиуса от слънчевия център. На базата на резултати от наши и съвместни наблюдения с колеги от ИЗМИРАН-Русия (1998 и 1999г.), на пълни слънчеви

затъмнения по тази задача, беше предложена и приета нова съставляваща на слънчевата корона – S (сублимационна) компонента, по време на IAU Symposium No. 223, 2004г. в Москва. Този резултат е пряко свързан с актуалния проблем за акреция на вещество при звездите и свързан с звездната еволюция изобщо. Резултати от изследванията на активни процеси на Слънцето и слънчевата корона по време на пълни слънчеви процеси са представени в [1, 2, ...5].

1.3.Изследване на слънчева активност извън слънчеви затъмнения

Вероятно слънчевите протуберанси са най-атраktivните образувания, когато говорим за слънчева активност. Съпътстващите ги коронални структури над тях са сложни образувания, обикновено разположени в основата на коронални стримери. Те се състоят от относително тъмни „празнини“ във вътрешността на концентрични примкообразни структури. Короналните празнини се разполагат непосредствено над спокойни протуберанси и са силно неструктурирани и нехомогенни. Там се регистрират понякога и фини, тъмни нишки, което се интерпретира като доказателство за наличието и на сравнително ниско температурна плазма.

По време на ерупция на протуберанси, ние наблюдаваме преминаване на плазмата (издигане) през различни аркадни структури и празнини, където именно се отчита ускоряване на веществото [6]. Определянето на динамичните параметри на протуберансите и обкръжаващата ги среда е от ключово значение за възникването на последващи коронални изхвърляния на вещество в междупланетното пространство [7]. Тези мощни активни слънчеви процеси са пряко свързани с изменения в стойностите на параметрите на земната магнитосфера и йоносфера. Изучаването на слънчевата активност и процесите на слънчево-земните въздействия са една сравнително нова област на астрономията и науките за Земята, наречена космическо време. Научните изследвания върху наболелия проблем за климатичните изменения на Земята също са пряко свързани с множество космически фактори, но с основен приоритет на Слънцето и слънчевата активност [8].

От съществено значение за очаквани локални активни процеси на Слънцето и в слънчевата корона е времето от фазата на слънчева активност (основно свързана с 11-годишния цикъл на слънчева активност). Наличието на именно тези процеси на активност (най-вече слънчеви петна и протуберанси) са в основата на слънчево-земните въздействия и определянето на космическия климат.

Работата по изследване на активни образувания и най-вече изследване на слънчевите протуберанси, доведе до изработването и въвеждане в експлоатация на първият за България слънчев телескоп коронограф – част от материалите по придобиване на образователната и научна степен «доктор» на Н. Петров. Направени бяха изследвания по различни проблеми на спокойните и еруптивни протуберанси по наблюдения, както с телескопа за слънчеви наблюдения в НАО Рожен, така и в сътрудничество с колеги от Института по астрономия на Вроцлавски университет, Полша и тяхна наблюдателна апаратура:

- Направени бяха изследвания на тънката структура, динамиката и осцилациите на спокойни протуберанси [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. По получените резултати бе създаден магнитохидродинамичен модел на дестабилизация на протуберансова арка [16].
- Установени бяха времевите профили и динамичните параметри (скорост и ускорение) на височините и хоризонталното изместване на „стъпките“ на 7 ЕП наблюдавани в Астрономическия институт на Вроцлавския университет в Полша, както и връзката им с слънчеви избухвания и/или изхвърляне на коронална маса [17, 18, 19, 20, 21].

2. Звездна активност

През последните две десетилетия наблюдаваме силно развитие на наблюдателната апаратура, техника и детекторите на светлина. Това доведе до все по-качествени резултати в изследванията на активните процеси както за нашата звезда Слънцето, така и при всички останали астрономически наблюдения. Освен съвременните космически апарати за наблюдения и големите наземни телескопи, вече съвсем адекватно и с добри резултати се използват наземни оптични телескопи с диаметър на входящата апертура между 20 и 50 см в диаметър. Нашият опит доведе до това да имаме в НАО Рожен два оптически телескопа с диаметър на основното огледало 30 см. Това ни поставя на едно място заедно с редица големи обсерватории по света, със съвместни наблюдения от различни по големина телескопи. Наш екип на ИАСНАО, съвместно с колеги на Шуменски университет „Епископ К. Преславски“, използва регулярно малките телескопи в НАО Рожен за фотометрични наблюдения на обекти от нощното небе с яркост до 16та звездна величина.

Основно направление в нашите изследвания са двойни звезди W UMa от късен спектрален клас (F, G, K). Освен своята ключова роля за разбиране на еволюцията на звездите, контактните двойни са естествени лаборатории за изучаване на важни астрофизични процеси: взаимодействие на звездни ветрове; магнитна активност; пренос и загуба на маса, енергия и ъглов импулс; сливане на звездите. Изследването на свойствата на W UMa звездите и тяхното разнообразие е важно за съвременната астрофизика. Но статистиката за най-интересните звезди на W UMa, тези с кратки периоди, все още недостатъчна, главно поради тяхната малочисленост. Тези късни звезди често проявяват активност, подобна на тази на Слънцето (най-често процесите на петнообразуване и тяхната периодичност), което показва тясна връзка с изследванията в областта на хелиофизиката.

На базата на нашите наблюдения, ние успяхме да определим редица параметри на малко изучени двойни звезди от тип W UMa, като: маса, температура, период, фактор на запълване, радиуси на компонентите и др. Резултатите от тези изследвания са признати и публикувани в редица списания, като [22, 23, ...40]. Част от тези резултати участват при определянето на нормативните минимални изисквания на кандидатурата на Н. Петров, за заемане на длъжността „доцент“.

Нашите фотометрични наблюдения на WD 1145+017 през годината 2017 г. разкриха асиметрични транзити с продължителност от 10–50 минути и дълбочина до 50% от максималната яркост. Два от дълбоките минимума бяха проследени за период от 2.5 месечен сезон. Установихме, че те се движат във фаза. Този ефект може да се обясни с намаляване на периода на транзитните формации, поради бавното им спираловидно приближаване към бялото джудже. Един от транзитните фрагменти изглежда се раздробява на няколко по-малки части в рамките на месец. Ние считаме, че транзитните структури имат удължена (вероятно дъгообразна) форма, чиито размери перпендикулярно и по протежение на орбитата са от порядъка на $1 R_{\oplus}$ и $100 R_{\oplus}$. Те са части от геометрично тънък нехомогенен диск (пръстен) около бялото джудже [41].

3. Планетни системи

Последното десетилетие ни предлага един много актуален проблем в астрономията, свързан с изследванията на екзопланети. Въпросът за тяхното съществуване е вероятно от векове, но едва през последните 4 десетилетия, с напредъка на технологиите, става

възможно изобщо тяхното регистриране. Изследванията в тази област са пряко свързани с изследванията и еволюцията на нашата слънчева система. Изследванията на екзопланети може да ни дадат някои отговори за формирането и еволюцията на нашата слънчева система. Разбира се, изследванията на нашата слънчева система и влиянието на слънчевата активност върху някои физически параметри (температура, наличие на атмосфера или климатични условия на планетите) на планети от слънчевата система, са определящи при построяване на моделите за екзопланети.

Колеги от Шуменски университет „Епископ К. Преславски“ (Kjurkchieva et al., 2013), имат разработен метод на основата на *TAC maker 1.1.0* (Kjurkchieva et al. 2014), при който получаваме параметри на екзопланети. Наши съвместни наблюдения и колективна работа показва, че вече имаме световно призната методика в изследванията на екзопланетите, от една страна. От друга, показваме, че в много случаи успешно могат да бъдат използвани телескопи с диаметър на основното си огледало 30см [42]. На базата на съвместни наблюдения с колеги от Шуменски университет и 2м телескоп в НАО Рожен, както и телескопите на обсерватория ИРИДА (разположена на територията на НАО Рожен), ние успяхме да моделераме и определим параметрите на множество малко изследвани или новооткрити екзопланети [43, 44, 45].

Reference

[1] First Results of 1999 Total Eclipse Observations, Edited by Academician D. N. Mishev and Prof. K. J. H. Phillips, Proceedings of the International Conference, 11-15 September 2000, Varna, Bulgaria, Prof. M. Drinov Academic Publishing House, 2002.

[2] R. A. Gulyaev and N. I. Petrov, 2003, Brightness of Calcium Emission Regions Associated With the Solid Material Sublimation in the Near Circumsolar Space, *Astronomical and Astrophysical Transactions*, Vol. 22, Nos. 4–5, August–October 2003, pp. 617–620.

[3] R.A. Gulyaev, D. Kokotanekov and N. Petrov, 2004, Observations of coronal streamers on the night sky, *Multi-Wavelength Investigations of Solar Activity*, Proceedings IAU Symposium No. 223, 2004, A.V. Stepanov, E.E. Benevolenskaya & A.G. Kosovichev, eds., p. 383.

[4] J. Kokotanekova, N. Petrov, P. Duchlev, 2007, Preliminary Results for Corona Polarization during Total Solar Eclipse on March 29, 2006, Observed in Side, Turkey, *Astronomy and Space Science*, eds. M.K. Tsvetkov, L.G. Filipov, M.S. Dimitrijevic', L.C'. Popovic', Heron Press Ltd, Sofia 2007, p.224.

[5] N. Petrov, P. Duchlev, K. Koleva, 2010, Observations of the total solar eclipse on 22 July 2009 in China, *Bulgarian Astronomical Journal*, Vol. 14, p. 102.

[6] Tsvetkov Ts., Petrov N: 2018, Three case studies of height-time profiles of prominence eruptions observed by AIA and LASCO, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* (2018), in press.

[7] Tsvetkov, Ts; Miteva, R.; Petrov, N.: 2018, On the relationship between filaments and solar energetic particles, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, Volume 179, p. 1-10.

[8] Nikolov T., Petrov N., 2014, Main factors influencing climate change: A review, *Comptes Rendus de L'Academie Bulgare des Sciences* (2014), 67(11).

[9] Dermendjiev, V. N., Detchev, M., Petrov, N. and Rompolt, B.: 1998, “Structure, Internal Motion and Oscillation of a Quiescent Prominence”, in A. Antalova, H. Balthassar and A. Kucera (eds) *JOSO Annual Report.*, p. 122.

- [10] Dermendjiev, V. N., Petrov, N. I., Detchev, M., Rompolt, B., Rudawy, P.: 2001, "Line of Sight Velocity Fluctuations of a Quiescent Prominence", *Solar Phys.* 202, 99.
- [11] Petrov, N., P. Duchlev, B. Rompolt and P. Rudawy: 2004, Fine Structure and Oscillations of Quiescent Prominence, in *Multi-Wavelength Investigations of Solar Activity*, IAU Symposium 223, 14-19 June, 2004 Saint Peterburg, Russia, 293.
- [12] Petrov, N., P. Duchlev, B. Rompolt and P. Rudawy: 2007, Fine Structure and Alfvén String-Mode Oscillations of a Quiescent Prominence, *Bulgarian Astrophys. Journal*, 9, 93.
- [13] Petrov N., Duchlev P., and Koleva K.: 2010, Observations of Total Solar Eclipse on 22 July 2010, China, *Bulg. Astron. J.* 14, 102-108.
- [14] Nikolov, P., Bonev, T., Petrov, N., Rudawy, P., Rompolt, B., Duchlev, P.: 2012, Fine Structure Oscillations of a Quiescent Prominence, *Proc. VII Bulgarian-Serbian Astronomical Conference*, Chepelare, Bulgaria, June 1-4, 2010, *Publ. Astron. Soc. "Rudjer Bošković"*, 11, 259.
- [15] Nikolov, P., Bonev, T., Duchlev, P., Rudawy, P., Rompolt, B., Petrov, N.: 2013, Oscillation Periods of a Quiescent Prominence Structure, *Proc. VIII Serbian-Bulgarian Astronomical Conference*, Leskovac, Serbia, May 8-12, 2012, *Publ. Astron. Soc. "Rudjer Bošković"* 12, 283-288, ISBN 978-86-89035-02-5.
- [16] Detchev, M., Dermendjiev, V. N., Petrov, N., Rompolt, B.: 1999, "Velocity Fluctuations in Oscillating Arch-Type Quiescent Prominences" 1999, in G. Poletto, B. Schmieder (eds.), *ESA Publ. Series ESA SP-448*, 485.
- [17] Dechev, M., P. Duchlev, K. Koleva, J. Kokotanekova and N. Petrov: 2004, Kinematics of two Eruptive Prominences, *Proc. Publ. Astr. Soc. "Rudjer Boskovic"*, vol. 5, 145.
- [18] Duchlev, P., K. Koleva, M. Dechev, J. Kokotanekova and N. Petrov: 2004, Dynamic Characteristics of Three Eruptive Prominences, in *Aerospace Research in Bulgaria, BALKAN ASTRONOMICAL MEETING*, 14-18 June 2004, NAO – Rozhen, Bulgaria, 159.
- [19] Duchlev, P., Koleva, K., Dechev, M., N. Petrov, Kokotanekova, J., Rompolt, B., and Rudawy, P.: 2010, Kinematics and Evolution of Eruptive Prominences of Two Different Basic Types, *Bulg. Astron. J.* 13, 47-68. студия
- [20] Duchlev, P., Koleva, K., Dechev, M., Petrov, N., Rompolt, B., and Rudawy, P.: 2010, A Confined Prominence Eruption on 7 May 1979, *Bulg. Astron. J.* 14, 89-100. Студия
- [21] Dechev, M., P. Duchlev, K. Koleva and N. Petrov: 2004, Helical Internal Structures in Eruptive Prominences, in *Aerospace Research in Bulgaria, BALKAN ASTRONOMICAL MEETING*, 14-18 June 2004, NAO – Rozhen, Bulgaria, 280.
- [22] Kjurkchieva, D.; Popov, V.; Petrov, N.; Ivanov, E.: 2015, Light curve solutions of six short-period binaries and peculiarities of two of them, NSVS 3640326 and V1007 Cas, *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, vol. 45, no. 1, p. 28-41.
- [23] Kjurkchieva, D.; Popov, V.; Vasileva, D.; Petrov, N.: 2016, Observations and Light Curve Solutions of Four Ultrashort-Period Binaries, *Serbian Astronomical Journal*, vol. 192, pp. 21-26.
- [24] Kjurkchieva, Diana Petrova; Popov, Velimir Angelov; Vasileva, Doroteya Lyubenova; Petrov, Nikola Ivanov: 2016, Photometric observations and light curve solutions of the W UMa stars NSVS 2244206, NSVS 908513, CSS J004004.7+385531 and VSX J062624.4+570907, *Research in Astronomy and Astrophysics*, Volume 16, Issue 9, article id. 135.
- [25] Kjurkchieva, D.; Popov, V. A.; Vasileva, D.; Petrov, N.: 2016, Observations and Light Curve Solutions of the Eclipsing Binaries USNO-B1.0 1395-0370184 and USNO-B1.0 1395-0370731, *Serbian Astronomical Journal*, vol. 193, pp. 27-32.
- [26] Kjurkchieva, Diana P.; Popov, Velimir A.; Vasileva, Doroteya L.; Petrov, Nikola I.: 2017, The newly discovered eclipsing cataclysmic star 2MASS J16211735 + 4412541 and its peculiarity, *New Astronomy*, Volume 52, p. 8-13.
- [27] Kjurkchieva, Diana Petrova; Popov, Velimir Angelov; Ibryamov, Sunay Ibryamov; Vasileva, Doroteya Lyubenova; Petrov, Nikola Ivanov: 2017, Observations and light curve

solutions of the W UMa binaries V796 Cep, V797 Cep, CSS J015341.9+381641 and NSVS 3853195, *Research in Astronomy and Astrophysics*, Volume 17, Issue 5, article id. 042.

[28] Kjurkchieva, D. P.; Popov, V. A.; Vasileva, D. L.; Petrov, N. I.: 2017, Observations and light curve solutions of the eclipsing W UMa binaries CSS J071813.2+505000, NSVS 2459652, NSVS 7178717 and NSVS 7377875, *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica* Vol. 53, pp. 133-140.

[29] Kjurkchieva, Diana P.; Popov, Velimir A.; Marchev, Dragomir V.; Menzies, Kenneth T.; Petrov, Nikola I.: 2017, V2551 Cyg: a pulsating star with enigmatic peculiarities, *Research in Astronomy and Astrophysics*, Volume 17, Issue 7, article id. 069.

[30] Kjurkchieva, D. P.; Popov, V. A.; Vasileva, D. L.; Petrov, N. I.: 2017, Observations and light curve solutions of six deep-contact W UMa binaries, *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica* Vol. 53, pp. 235-246.

[31] Kjurkchieva, D. P.; Dimitrov, D. P.; Radeva, V. S.; Vasileva, D. L.; Atanasova, T. V.; Stateva, I. V.; Petrov, N. I.; Iliev, I. Kh.: 2018, The Bulgarian Contribution to the Study of variable stars on observational data from the Kepler mission, *Bulgarian Astronomical Journal*, Vol. 28, p. 49.

[32] Kjurkchieva, Diana Petrova; Popov, Velimir Angelov; Lyubenova Vasileva, Doroteya; Petrov, Nikola Ivanov: 2018, Observations and light curve solutions of a selection of middle-contact W UMa binaries, *Research in Astronomy and Astrophysics*, Volume 18, Issue 4, article id. 046.

[33] Kjurkchieva, D.; Popov, V. A.; Eneva, J.; Petrov, N.: 2018, Observations and Light Curve Solutions of the Eclipsing Binaries KR Lyn, CSS J110212+244412, NSVS 4917488 and NSVS 7336024, *Serbian Astronomical Journal*, vol. 196, pp. 21-27.

[34] Kjurkchieva, Diana P.; Popov, Velimir A.; Vasileva, Doroteya L.; Petrov, Nikola I.: 2018, Observations and light curve solutions of a selection of shallow-contact W UMa binaries, *New Astronomy*, Volume 62, p. 46-54.

[35] Kjurkchieva, Diana P.; Popov, Velimir A.; Petrov, Nikola I.: 2018, USNO-B1.0 1452-0049820 and ASAS J102556+2049.3: Two W UMa Binaries Close to the Lower Mass-ratio Limit, *The Astronomical Journal*, Volume 156, Issue 2, article id. 77, 5 pp.

[36] Kjurkchieva, Diana P.; Popov, Velimir A.; Petrov, Nikola I.: 2018, NSVS 2569022: a peculiar binary among W UMa stars with extremely small mass ratios, *Research in Astronomy and Astrophysics*, Volume 18, Issue 10, article id. 129.

[37] Kjurkchieva, Diana P.; Popov, Velimir A.; Eneva, Yordanka; Petrov, Nikola I.: 2019, The W UMa binaries USNO-A2.0 1350-17365531, V471 Cas, V479 Lac and V560 Lac: light curve solutions and global parameters based on Gaia distances, *Research in Astronomy and Astrophysics*, Volume 19, Issue 1, article id. 014.

[38] Zamanov, R.; Stoyanov, K. A.; Wolter, U.; Marchev, D.; Petrov, N. I.: 2019, Spectral observations of X Persei: Connection between H α and X-ray emission, *Astronomy & Astrophysics*, Volume 622, id.A173, 9 pp.

[39] Stoyanov, K. A.; Dimitrov, V. V.; Zamanov, R. K.; Petrov, N. I.; Nikolov, Y. M.; Marchev, D. V.: 2018, Optical observations of the Be/gamma-ray binary MWC 148, *The Astronomer's Telegram*, No. 11257

[40] Kjurkchieva, Diana P.; Popov, Velimir A.; Petrov, Nikola I.: 2019, PY Boo and NSVS 7328383: Two totally-eclipsing W UMa stars with small mass ratios and close parameters, *New Astronomy*, Volume 68, p. 20-24.

[41] Diana P. Kjurkchieva, Dinko P. Dimitrov, and Nikola I. Petrov: 2017, Photometry of WD 1145+017 in Early 2017, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, Volume 34, id. e032 6 pp.

[42] Diana Kjurkchieva, Nikola Petrov, Velimir Popov, Emil Ivanov: 2015, Observations of transits of the southern exoplanets WASP 4b and WASP 46b by using a 40 cm telescope,

Bulgarian Astronomical Journal, Vol. 22, p. 21.

[43] Kjurkchieva, Diana P.; Popov, Velimir A.; Petrov, Nikola I.: 2017, Observations and Modeling of the Transiting Exoplanets XO-2b, HAT-P-18b, and WASP-80b, Serbian Astronomical Journal, vol. 195, pp. 41-46.

[44] Kjurkchieva, Diana; Petrov, Nikola; Ibryamov, Sunay; Nikolov, Grigor; Popov, Velimir: 2018, New observations and transit solutions of the exoplanets HAT-P-53b and XO-5b, Serbian Astronomical Journal, vol. 196, pp. 15-20.

[45] Kjurkchieva, D.; Petrov, N.; Ibryamov, S.: 2019, New Observations and Transit Solutions of the Exoplanets HAT-P-54b and WASP-153b, Serbian Astronomical Journal, vol. 198, pp. 55-60.

Kjurkchieva, D.; Dimitrov, D.; Vladev, A.; Yotov, V.: 2013, New approach for modelling of transiting exoplanets for arbitrary limb-darkening law, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 431, Issue 4, p.3654-3662.

Kjurkchieva, D.; Dimitrov, D.; Vladev, A.: 2014, The improved code TAC maker for modeling of planet transits, Bulgarian Astronomical Journal, Vol. 21, p. 85.