

## НАУЧНОМ ВЕЋУ АСТРОНОМСКЕ ОПСЕРВАТОРИЈЕ

На осмој седници Научног већа Астрономске опсерваторије, одржаној 22. 01. 2020. године, изабрани смо за чланове Комисије за избор у научно звање НАУЧНИ САРАДНИК кандидата др ЂОРЂА В. САВИЋА. На основу достављене документације о научно-истраживачком раду кандидата, а у складу са Законом о науци и истраживањима и Правилником о поступку, начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача подносимо Научном већу Астрономске опсерваторије следећи

## ИЗВЕШТАЈ

### БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ

Др Ђорђе (Владимир) Савић рођен је 2. 11. 1990. у Крагујевцу, где је завршио основну и средњу школу. Основне студије на Математичком факултету Универзитета у Београду, смер астрономија и астрофизика, уписао је школске 2009/10. године. Дипломирао је 2013. године са просеком 9.65. Током основних студија био је награђиван поводом Дана факултета 2012., 2013. и 2014. године за успехе постигнуте током студирања. У новембру 2013. додељена му је награда „Проф др Захарије Бркић“ којом се награђује најбољи дипломирани студент Катедре за астрономију у претходној школској години. Мастер студије астрономије и астрофизике на Катедри за астрономију уписао је школске 2013/14. године. Мастер студије завршио је са просечном оценом 9.75 одбранивши 7. 10. 2014. рад под називом „Стабилност преноса масе у тесним двојним системима са белим патуљцима“, чиме је стекао звање мастер астроном. Докторске студије уписао је школске 2014/15. године. Од школске 2015/16. до 2017/18. био је стипендиста Француске владе за докторске студије у ко-менторству у сарадњи са универзитетом у Стразбуру. Руководиоци докторских студија су Лука Ч. Поповић и Рене Гузман. Докторску тезу под насловом „Одређивање масе црних рупа код активних галактичких језгара помоћу поларизације у широким емисионим линијама“ одбранио је 11. 12. 2019. такође на Математичком факултету Универзитета у Београду.

У периоду од 2014. до 2018. године, био је ангажован као тутор на предмету „Spectroscopy of Astrophysical plasma“ у оквиру програма „Erasmus Mundus“ заједничких мастер студија из астрономије и астрофизике – „Astromundus“. Од 1. 3. 2015. запослен је на Астрономској опсерваторији у Београду као истраживач приправник на пројекту 176001: „Астрофизичка спектроскопија вангалактичких објеката“ финансираном од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја. У звање истраживач сарадник изабран је 4. 6. 2018. године.

## ПРЕГЛЕД НАУЧНЕ АКТИВНОСТИ КАНДИДАТА

Област научно истраживачког рада Др Ђорђа Савића је астрофизичка спектрополариметрија активних галактичких језгара. Тема докторске дисертације била је „Одређивање масе црних рупа код активних галактичких језгара помоћу поларизације у широким емисионим линијама“. За истраживање је коришћен програм за решавање проблема преноса зрачења STOKES, код кога је укључено поларизовано зрачење. Најважнији резултат ове дисертације је провера методе за мерење масе супермасивних црних рупа у центрима активних галаксије помоћу поларизације у широким емисионим линијама. Кандидат је у досадашњем раду показао и теоријски и експериментално (на оригиналним посматрачким подацима) да метода даје добре резултате и да може бити коришћена за одређивање маса супермасивних црних рупа. Посебно је значајно што је у овој дисертацији показано да се ова метода може користити независно (од других метода) за мерење маса супермасивних црних рупа, при чему се добијене масе овом методом добро слажу са масама добијеним методом реверберационог мапирања. То је од изузетног значаја за будућа истраживања која се баве утицајем супермасивних црних рупа на еволуцију галаксија домаћина и непосредне околине. Резултати проистекли из докторске дисертације публиковани су у врхунском међународном часопису (M21-2).

Поред овог, кандидат је испитивао утицај различитих расподела брзина и структуре емисионог гаса, који емитује широке линије, на поларизовану светлост. Пре свега разматрано је кеплеровско кретање (које је очекивано за гас у јаком гравитационом пољу), приливе и одливе материје (често посматране у околини црних рупа), као и динамику двојне супермасивне црне рупе. Пре свега ове различите структуре и расподеле брзина су проучаване у циљу њиховог утицаја на мерење масе супермасивних црних рупа, а додатно ова истраживања су интересантна и значајна сама по себи и сагледана су у једном ширем контексту који се односи на изучавања унутрашње структуре активних галактичких језгара. Посебно везано за проблем који је данас веома актуелан, а то је питање да ли у центру активних галаксија можемо очекивати двојне супермасивне црне рупе које би могле да емитују гравитационе таласе. Као један од резултата, симулирани су специфични облици поларизационог угла (расподела поларизационог угла у функцији таласне дужине дуж емисионе линије) у случају када је у центру присутан систем двојних црних рупа, што се може користити за детекцију ових система у центрима галаксија.

Један од значајних резултата је да облик профила поларизационог угла у линији указује на смер ротације гаса у области која је блиска супермасивној црној рупи, што може да се користи за испитивање везе између кинематике емисионог гаса у околини црне рупе и звезда које окружују ову област. Другим речима показано је да поларизација у линији код активних галаксија може дати доста информација о централном делу ових објеката (карактеристична ротација, димензије емисионих региона и њихова инклинација), које нам нису доступне из стандардних оптичких посматрања. На крају треба поменути да је ова дисертација резултат успешно започете научне сарадње између Астрономске опсерваторије у Београду и Астрономске опсерваторије у Стразбуру, а да су представљени посматрачки подаци резултат већ постојеће дугогодишње сарадње Астрономске опсерваторије у Београду и Специјалне астрофизичке опсерваторије (САО) у Русији. У оквиру рада на дисертацији, имплементиран је STOKES код обрачунавања

преноса зрачења и поларизације. Додатно су иницирана нова посматрања активних галаксија помоћу бm-ског телескопа на САО. Резултати (теоријски и посматрачки) објављени у овој тези и пратећим радовима су оригинални и имаће утицај на будућа истраживања у овој области. У наставку дајемо преглед свих радова које је кандидат објавио.

## 1. КВАЛИТЕТ НАУЧНИХ РЕЗУЛТАТА

### 1.1 *Анализа радова*

Примарна област интересовања кандидата је спектрополариметрија активних галактичких језгара. У оквиру докторске дисертације и радова који су проистекли из ње (M21-2) испитивана је метода за мерење маса супермасивних црних рупа и које су јој границе примењивости. У даљем тексту је дата анализа радова из категорије M20.

**M21** Rojas Lobos, P. A., Goosmann, R. W., Marin, F., **Savić, Đ.**, *Modeling optical and UV polarization of AGNs IV. Polarization timing*, ASTRONOMY & ASTROPHYSICS, Volume: 611, Article Number: A39, DOI: 10.1051/0004-6361/201731331, Published: MAR 20 2018, ISSN:0004-6361, (IF<sub>2018</sub> = 6.209)

У овом раду је испитивано кашњење поларизованог зрачења у односу на неполаризовано услед екваторијалног расејања код активних галактичких језгара. Испитиван је утицај типа прашине и геометрије (континуални или грудвасти) торуса прашине и поларних ветрова. Коришћен је програм за решавање проблема преноса зрачења STOKES, код кога је укључено поларизовано зрачење и кинематика. У раду је показано да се симулирано време кашњења може користити за проучавање структуре активних галактичких језгара.

**M21 Savić, Đ.**, Goosmann, R., Popović, L. Č., Marin, F., Afanasiev, V. L., *AGN black hole mass estimates using polarization in broad emission lines*, ASTRONOMY & ASTROPHYSICS, Volume: 614, Article Number: A120, DOI: 10.1051/0004-6361/201732220, Published: JUN 28 2018, ISSN:0004-6361, (IF<sub>2018</sub> = 6.209)

У овом раду је испитивана метода за мерење маса супермасивних црних рупа код активних галактичких језгара помоћу поларизације у широким емисионим линијама. Коришћен је програм за решавање проблема преноса зрачења STOKES. Испитиване су границе примењивости ове методе, као и утицај сложених кретања на профил поларизационог угла. Теоријски резултати су поређени са оригиналним посматрачки подаци. Добијено је добро слагање ове методе са масама процењеним методом реверберационог мапирања.

**M21 Savić, Đ.**, Marin, F., Popović, L. Č., *Predicting the broad-lines polarization emitted by supermassive binary black holes*, ASTRONOMY & ASTROPHYSICS Volume: 623, Article Number: A56, DOI: 10.1051/0004-6361/201834443, Published: MAR 5 2019, ISSN:0004-6361, (IF<sub>2018</sub> = 6.209)

У овом раду је испитивано какав би утицај имале двојне супермасивне црне рупе на поларизацију у широким емисионим линијама. Коришћен је програм за решавање проблема преноса зрачења STOKES и разматрано је четири феноменолошких модела који квалитативно описују систем који се проучава. Добијени су јединствени профили

поларизационог угла дуж профила који би могли да се користе као један од начина за идентификовање кандидата за двојне супермасивне црне рупе.

### 1.2 Утицајност, параметри квалитета, цитираност

Др Ђорђе Савић је коаутор три научна рада који су објављени у међународним часописима са SCI листе. Збир ИФ свих објављених радова у којима је кандидат коаутор је 18.627.

Осим докторске дисертације, кандидат је објавио укупно 8 библиографских јединица, од тога: три рада у врхунском међународном часопису (категорија М21), два предавања по позиву са међународног скупа штампано у изводу (категорија М32), једног саопштења са међународног скупа штампано у целини (категорија М33) и два саопштења на скупу националног значаја штампано у изводу (категорија М62).

Кандидат др Ђорђе Савић је први аутор на два рада публикованом у врхунском међународном часопису (М21-2) чији је импакт фактор ИФ = 6.209. Кандидат је први аутор на два предавања по позиву са међународног скупа штампано у изводу (М32-2), једног саопштења са међународног скупа штампано у целини (М33-1), и једног предавања по позиву са скупа националног значаја штампано у изводу (М62-1).

Сви подаци о цитираности радова дати су према *SAO/NASA Astrophysics Data System (ADS)*<sup>1</sup>. Ово је најпоузданија и најчешће коришћена база у области астрономије и астрофизике коју одржава *Smithsonian Astrophysical Observatory (SAO)* уз подршку *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*.

Сви радови кандидата цитирани су укупно 19 пута у 15 радова, од којих је укупно 2 аутоцитата.

H-index: 2 (Хиршов индекс, највећи број Н тако да Н радова има бар Н цитата)

i10-index: 1 (број радова са најмање десет цитата)

### 1.3 Ефективни број радова и број радова нормиран на основу броја коаутора

У току реализације научноистраживачког рада кандидат је активно учествовао у припреми и извођењу експерименталног рада, обради и дискусији добијених резултата и припреми и писању свих радова за публикавање. Сви радови на којима је кандидат био водећи аутор укључују нумеричке симулације, прикупљање и обраду посматрања и немају укупно више од седам ко-аутора, тако да се рачунају са пуним бројем бодова. На основу критеријума који су наведени у Правилнику о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата, једно саопштење из категорије М62 има више од 7 коаутора и подлеже нормирању. Укупан М фактор свих публикованих радова категорије М20 износи 24, а укупан М фактор свих публикација износи 35.45.

### 1.4 Степен самосталности и степен учешћа у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

У научно-истраживачком раду кандидат др Ђорђе Савић показује висок степен самосталности током креирања и израде нумеричких симулација, обради и дискусији

---

<sup>1</sup><https://ui.adsabs.harvard.edu/>

добијених резултата, као и писању и припреми за публикавање и презентацију свих научних радова и саопштења. Током свог научноистраживачког рада кандидат је био ангажован на пројектним задацима које је обављао кроз своју докторку тезу.

### 1.5 Допринос кандидата реализацији коауторских радова

Кандидатов допринос у свим радовима огледа се како у креирању модела и реализацији нумеричких симулација, тако и у дискусији и писању публикованих радова. Примери коауторских публикација су M21-3.

### 1.6 Значај радова

Радови др Ђорђа Савића односе се на спектрополариметрију активних галактичких језгара и мерење маса супермасивних црних рупа. Значај радова се огледа у квалитету часописа у којима су објављени и који су оцењени као врхунски међународни часописи. Посебно се издваја рад у *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS*, где је теоријски испитана једна од новијих метода за мерење маса супермасивних црних рупа, и који је цитиран 10 пута.

## БИБЛИОГРАФИЈА РАДОВА

### 1. Радови у часописима међународног значаја

*M21, Рад у врхунском међународном часопису (M21 = 8)*

**Укупно M21 = 8 + 8 + 8 = 24**

**Укупан ИФ = 18.627**

1. Rojas Lobos, P. A., Goosmann, R. W., Marin, F., **Savić, Đ.**, *Modeling optical and UV polarization of AGNs IV. Polarization timing*, **ASTRONOMY & ASTROPHYSICS**, Volume: **611**, Article Number: A39, DOI: 10.1051/0004-6361/201731331, Published: MAR 20 **2018**, ISSN:0004-6361, (IF<sub>2018</sub> = 6.209)
2. **Savić, Đ.**, Goosmann, R., Popović, L. Č., Marin, F., Afanasiev, V. L., *AGN black hole mass estimates using polarization in broad emission lines*, **ASTRONOMY & ASTROPHYSICS**, Volume: **614**, Article Number: A120, DOI: 10.1051/0004-6361/201732220, Published: JUN 28 **2018**, ISSN:0004-6361, (IF<sub>2018</sub> = 6.209)
3. **Savić, Đ.**, Marin, F., Popović, L. Č., *Predicting the broad-lines polarization emitted by supermassive binary black holes*, **ASTRONOMY & ASTROPHYSICS** Volume: **623**, Article Number: A56, DOI: 10.1051/0004-6361/201834443, Published: MAR 5 **2019**, ISSN:0004-6361, (IF<sub>2018</sub> = 6.209)

### 2. Саопштења са домаћих и међународних скупова

*M32, Предавање по позиву са међународног скупа штампано у изводу (M32 = 1.5)*

**Укупно M32 = 1.5 + 1.5 = 3**

1. **Savić, Đ.**, Popović, L. Č., Goosmann, R., Marin, F., *Super massive binary black hole and polarisation in the broad lines*, 11th Serbian Conference on Spectral Line Shapes in Astrophysics, ISBN:978-86-80019-82-6, Šabac, 21. - 25. Aug, **2017**

2. **Savić, Đ.**, Popović, L. Č., Goosmann, R., Marin, F., Afanasiev, V. L., *Modeling the broad emission line polarization in active galactic nuclei*, 12th Serbian Conference on Spectral Line Shapes in Astrophysics, ISBN:978-86-7589-134-5, Vrdnik, 3. - 7. Jun, **2019**

*M33, Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33 = 1)*

**Укупно M33 = 1**

1. **Savić, Đ.**, Popović, L. Č., Goosmann, R., Marin, F., Ilić, D., Afanasiev, V. L., *Measuring Black Hole Masses in Active Galactic Nuclei Using Polarization in Broad Line Profiles*, 28th Summer School and International Symposium on the Physics of Ionized Gases, Faculty of Physics, University of Belgrade, pp. 429-432, ISSN: 978-86-84539-14-6, DOI: 978-86-84539-14-6, Serbia, 29. Aug - 2. Sep, **2016**

*M62, Предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у изводу (M62 = 1)*

**Укупно M62 = 1 + 0.45 = 1.45**

1. Ilić, D., Popović, L., Bon, E., Bon, N., Jovanović, P., Kovačević, A., Kovačević-Dojčinović, J., Lakićević, M., Marčeta-Mandić, S., **Savić, Đ.**, Simić, S., Stalevski, M., *Spectroscopy and spectropolarimetry of AGNs: from observations to modelling*, Book of abstracts XVIII SERBIAN ASTRONOMICAL CONFERENCE, eds. L. C. Popovic, D. Urosevic and R. Pavlovic Astronomical Observatory and Faculty of Mathematics, pp. 16 - 16, isbn: 978-86-80019-85-7, Belgrade, 17. - 21. Oct, **2017**
2. **Savić, Đ.**, Marin, F., Popović, L. Č., *Polarization in broad lines of SMBHBs*, Serbian-Chinese Astronomical Scientific Meeting: Physics and Nature of Active Galactic Nuclei, Book of Abstracts, Belgrade, Serbia, 16. - 19. Apr, **2018**

*M70, Одбрањена докторска дисертација (M70 = 6)*

**Укупно M70 = 6**

1. Савић, Ђ., *Одређивање масе црних рупа код активних галактичких језгара помоћу поларизације у широким емисионим линијама*, докторска теза, Математички факултет, Универзитет у Београду, Докторска школа физике и физичке хемије - ED182, Универзитет у Стразбуру, Београд, 11. 12. 2019.

Диференцијални услов – од првог избора у претходно звање до избора у звање <b>Научни сарадник</b>	Потребно	Остварено
Укупно	16	35.45
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42	10	28.00
M11+M12+M21+M22+M23	10	24.00

Увидом у приложеној документацији кандидата др Ђорђа Савића види се да је остварен укупан број поена 35.45, значајно више од потребних 16. У категорији Обавезни

(1) који обухвата радове M20 остварио је 28.00 поена (потребно 6). На основу наведеног може се закључити да др Ђорђе Савић испуњава услове одређене Правилником за избор у звање научни сарадник.

## КВАЛИТАТИВНИ ПОКАЗАТЕЉИ

### 1. ПОКАЗАТЕЉИ УСПЕХА У НАУЧНОМ РАДУ

*1.1 Награде и признања за научни рад додељене од стране релевантних научних институција и друштава*

Др Ђорђе Савић је добитник стипендије Француске владе за докторске студије у коменторству у периоду од 2016. до 2018. године.

### 2. АНГАЖОВАНОСТ У РАЗВОЈУ УСЛОВА ЗА НАУЧНИ РАД, ОБРАЗОВАЊУ И ФОРМИРАЊУ НАУЧНИХ КАДРОВА

*2.1 Педагошки рад*

Др Ђорђе Савић је био ангажован као тутор за одржавање вежби на предмету „Spectroscopy of Astrophysical plasma“ у оквиру програма „Erasmus Mundus“ заједничких мастер студија из астрономије и астрофизике – „Astromundus“.

*2.2 Међународна сарадња*

Др Ђорђе Савић је успоставио успешну научну сарадњу са Астрономском опсерваторијом у Стразбуру (Observatoire Astronomique de Strasbourg), где је као стипендиста Француске владе боравио по 4 месеца годишње у периоду од 2016. до 2018. године. Том приликом активно се бавио тестирањем и унапређивањем програма за пренос зрачења STOKES, што је резултовало научним радом публикованим публикованим у врхунском међународном часопису (M21-1), независно од доктората.

Кандидат је ангажован на програму билатералне научне и технолошке сарадње између Србије и Немачке, Универзитет у Београду (PI: Д. Илић) и Универзитет у Гетингену (PI: W. Kollatschny), 2019-2020: „Time-domain astrophysics and active galactic nuclei structure“ (Истраживања структуре активних галактичких језгара у временском домену).

Кандидат је ангажован и на пројекту у сарадњи САНУ и Бугарске академије наука (PIs: D. Ilić, Lyuba Slavcheva-Mihova), 2020-2021: „The reverberation mapping of quasars in polarized light“ (Поларизациона посматрања квазара).

*2.3 Организација научних скупова*

Др Ђорђе Савић је био члан локалног организационог одбора за 2 конференције: „11th Serbian Conference on Spectral Line Shapes in Astrophysics“, одржане у Шапцу (од 21. до 25. августа 2017.) и „XIX Serbian astronomical conference“, одржане у Београду (од 17. до 21. октобра 2017.)

*2.4 Додатни тренинзи*

Др Ђорђе Савић је похађао додатне тренинге у земљи и иностранству

- 2015. – Летња школа „ESO/OPTICON/IAU summer school in Brno“, у организацији Европске јужне опсерваторије (ESO), и Међународне астрономске уније (IAU), одржана у Брну, Чешка.
- 2018. – Летња школа „4<sup>th</sup> Indo-French Astronomy School - Spectroscopy 2D, 3D“, у организацији LIO, CRAL, CNRS, UMR5574, UCBL са француске стране и IU-SAA са индијске стране, одржана у Лиону, Француска.
- 2018. – Летња школа „The current and future observing facilities: a guided tour“, у организацији Математичког факултета Универзитета у Београду и Европске јужне опсерваторије, одржана у Београду.

### 3. ОРГАНИЗАЦИЈА НАУЧНОГ РАДА

#### *3.1 Учесће у пројектима*

Кандидат је као истраживач приправник, а затим и као истраживач сарадник ангажован на пројекту Министарства просвете науке и технолошког развоја под бројем 176001: „Астрофизичка спектроскопија вангалактичких објеката“. У оквиру пројекта 176001, др Ђорђе Савић је ангажован на пројектним задацима везаним за спектрополариметрију активних галактичких језгара.




## ОЦЕНА КОМИСИЈЕ О НАУЧНОМ ДОПРИНОСУ КАНДИДАТА СА ОБРАЗЛОЖЕЊЕМ

Увидом у приложену документацију за избор у звање, као и личног познавања Кандидата, Комисија је дошла до следећег закључка:

др Ђорђе Савић потпуности испуњава све квантитативне и квалитативне критеријуме предвиђене правилником за избор у тражено звање, те препоручујемо Научном већу Астрономске опсерваторије да усвоји ово мишљење и донесе одлуку о прихватању предлога за ИЗБОР др Ђорђа Савића у звање НАУЧНИ САРАДНИК.

У Београду, 20. 03. 2020.

Комисија:



проф. др Лука Ч. Поповић  
научни саветник, председник  
Астрономска опсерваторија



др Марко Сталевски  
научни сарадник, члан  
Астрономска опсерваторија



проф. др Драгана Илић  
ванредни професор, члан  
Математички факултет