

ИСТРАЖИВАЊА РАДИЈАТИВНИХ И СУДАРНИХ АТОМСКИХ ПРОЦЕСА У АСТРОФИЗИЦИ: САРАДЊА ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ БЕОГРАД И АСТРОНОМСКЕ ОПСЕРВАТОРИЈЕ

ВЛАДИМИР А. СРЕЋКОВИЋ¹, МИЛАН С. ДИМИТРИЈЕВИЋ²,
ЉУБИНКО М. ИГЊАТОВИЋ¹ и ДАРКО ЈЕВРЕМОВИЋ²

¹*Институт за физику Београд, Универзитет у Београду,
Прегревица, 118, 11080 Београд, Србија
E-mail: vlada@ipb.ac.rs, ljuba@ipb.ac.rs*

²*Астрономска опсерваторија, Волгина 7, 11060 Београд, Србија
E-mail: mdimitrijevic@aob.rs, darko@ipb.ac.rs*

Резиме: У овом раду представљен је историјат сарадње чланова Института за физику Београд (А.А. Михајлов, Љ.М. Игњатовић, В.А. Срећковић и сарадници) и чланова Астрономске опсерваторије Београд (М. С. Димитријевић и сарадници) у области истраживања радијативних и сударних атомских процеса у астрофизици.

Кључне речи: Институт за физику, Астрономска опсерваторија, сарадња, астрофизика, атомски процеси, звездана астрономија, вангалактичка астрономија, звездане атмосфере, астроинформатика, базе података, историја астрономије

1. УВОД

Историјат сарадње између чланова Института за физику Београд (А.А. Михајлов, Љ.М. Игњатовић, В.А. Срећковић и сарадници) и чланова Астрономске опсерваторије Београд (М.С. Димитријевић и сарадници) у области истраживања радијативних и сударних атомских процеса у астрофизици је описан у овом раду.

Сарадња Астрономске опсерваторије са Институтом за физику у области истраживања радијативних и сударних атомских процеса има дугу традицију. Научна сарадња је пре свега почела познанством а касније и пријатељством Анатолија Анатољевича Михајлова и Милана С. Димитријевића давне 1976. Од тада се Михајлов и Димитријевић стваралачки друже, научно сарађују и проширују сарадњу укључивањем својих сарадника. Као резултат тога остварена је заједничка интензивна

међународна сарадња са страним колегама, што је за последицу имало вишеструку корист у погледу трансфера знања и усавршавања истраживача.

2. САРАДЊА

Први заједнички рад у области ове проблематике под називом “Determination of Electrical Conductivity of Plasma on the Basis of the Cut-Off Coulomb Potential Model” је представљен (прелиминарно на XII Symp. Phys. Ioniz. Gases, Šibenik, 1984) 1985 године на конференцији XVII ICPIG (International Conference on Phenomena in Ionized Gases), Будимпешта, Мађарска. Одмах после тога Михајлов и Димитријевић публикују први заједнички рад у реномираном и познатом међународном часопису *Astronomy & Astrophysics* под називом “Influence of ion-atom collisions on the absorption of radiation”.



Слика 1: Милан С. Димитријевић и Анатолиј А. Михајлов.
У стану А. А. Михајлова 24. 01. 1999.

Од тад па наредних скоро 35 година, у оквиру сарадње чланова Института за физику Београд (А.А. Михајлов, Љ.М. Игњатовић, В.А. Срењковић и сарадници) и чланова Астрономске опсерваторије Београд (М. С. Димитријевић и сарадници) у области атомских сударних процеса у лабораторијским плазмама и плазмама звезданих атмосфера, публиковано је 94 научна рада у међународним часописима цитираних више стотина пута (извор SAO/NASA ADS¹). За детаље и цео списак радова, предавања и осталог погледајте нпр. рад Dimitrijević (2018 a,b) . Од тога броја више од половине научних радова су публиковани у међународним астрономским часописима, обично највишег ранга. У овим научним радовима анализирају се утицаји различитих атомских сударних процеса на зрачење код Сунца,

¹ http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html

хладних звезда и белих патуљака – једне од завршних фаза у развоју звезда а такође и на физику Активних галактичких језгра (АГЈ). Исто тако ова истраживања су веома важна за изучавање плазми добијених у лабораторијским условима. У овим истраживањима тј. горе поменути научним радовима вршена је анализа утицаја као и моделовање коришћењем доступних различитих софтверских пакета. Такође рађено је на креирању базе података која укључује ове процесе.



Слика 2: Михајлов је добио награду за научни рад Астрономске опсерваторије 1999.

Осим рада на заједничким научним чланцима такође треба истаћи сарадњу и у осталим сферама рада. Од краја 80-тих до средине 90-их Анатолиј Михајлов је спољни сарадник Астрономске опсерваторије а до 2006. је члан заједничког научног већа Астрономске опсерваторије, Геомагнетског и Сеизмолошког завода. Осим тога Михајлов је добио награду за научни рад Астрономске опсерваторије 1999.

Ова сарадња се наставља и проширује током прве деценије овога века укључивањем широког тима сарадника (Љ.М. Игњатовић, В.А. Срећковић, З. Ђурић, Н.М. Сакан, Б. П. Маринковић, Д. Јевремовић, Л.Ч. Поповић, В. Вујчић и други) у раду на заједничким темама.

Нарочито током последњег пројектног циклуса ова сарадња се интензивира где поменути сарадници постају чланови научних пројеката ОИ 176002 “Утицај сударних процеса на спектре астрофизичке плазме” и ИИИ 44002 “Астроинформатика: примена ИТ у астрономији и сродним дисциплинама”. Ови пројекти су финансираних од стране Министарство просвете, науке и технолошког развоја на основу уговора који је закључен јануара 2011. г., и кроз више анекса је продужаван до 2019. године. Пројекти су у области “Геонауке и астрономија”, а тип пројекта је теоријско-

експериментални, а реализатори су Астрономска опсерваторија у Београду (АОБ), Институт за физику Београд (ИПБ), итд.



Слика 3: На Астрономској опсерваторији у Београду.
Љубинко Игњатовић, Анатолиј Михајлов и Милан С. Димитријевић.



Слика 4: IX SCSSA Мај 2013, Бања Ковиљача, Србија
Анатолиј Михајлов и Милан С. Димитријевић.



Слика 5: II Workshop on Astrophysical Spectroscopy Октобар 9 - 13, 2013, Врујци, Србија. Дарко Јевремовић, Милан С. Димитријевић и Владимир А. Срећковић.



Слика 6: Владимир А. Срећковић.

3. ИСТРАЖИВАЧКА АКТИВНОСТ

Основни научни циљ ове сарадње је истраживање утицаја различитих атомских сударних процеса на зрачење код Сунца, хладних звезда и белих патуљака – једне од завршних фаза у развоју звезда а такође и на физику Активних галактичких језгра (АГЈ). Исто тако ова истраживања су веома важна за изучавање плазми добијених у лабораторијским условима.



Слика 7: Љубинко М. Игњатовић.



Слика 8: Дарко Јевремовић.

3.1 Хеми-јонизациони и хеми-рекомбинациони процеси у слабо-јонизованим астрофизичким/лабораторијским плазмама

У оквиру ове теме сарадници су се бавили истраживањима једне групе хеми-јонизационих и хеми-рекомбинационих процеса у слабо-јонизованим лабораторијским и астрофизичким плазмама где они играју посебно важну улогу. Израчунати су одговарајући рејт коефицијенти и резултати упоређени са доступним подацима из литературе. У радовима су представљени основни механизми, критички осврт, као и примена хеми-јонизационих процеса. Затим, испитан је утицај ових процеса на популацију побуђених стања водоникових атома у фотосфери Сунца и атмосфери белих патуљака као и у слабо-јонизованим областима Активних галактичких језгра (AGN). Испитиван је њихов однос са конкурентским електрон-атом и електрон-јон јонизационим/рекомбинационим процесима. Такође, показано је да хеми-јонизациони и хеми-рекомбинациони процеси утичу на облик спектралних линија у звезданим атмосферама. На пример у раду Srećković et al. (2018) циљ је био да се иде дубље у физику AGN-а, да се истраже неки атомски процеси као што су сударни атом - Ридберг атом процеси, тј. хемијонизација/рекомбинација и n - n' -mixing и ревидира њихова улога. Другим речима то значи да сазнамо при којим условима у плазми одређени атомски процеси постају важни, и где могу бити од користи за дијагностику, нумеричке симулације и моделовање те да се може објаснити постојање AGN области са таквим карактеристикама. Резултати истраживања приказани су нпр. у следећим радовима:

-Srećković VA, Dimitrijević MS, Ignjatović LM (2018) Atom-Rydberg atom chemi-ionization/recombination processes in the hydrogen clouds in Broad Line Region of AGNs Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 480, Issue 4, 11 November 2018, Pages 5078–5083

-Mihajlov Anatolij A, Srećković Vladimir A, Ignjatovic Ljubinko M, Dimitrijevic Milan S (2016) Atom-Rydberg-atom chemi-ionization processes in solar and DB white-dwarf atmospheres in the presence of (n - n')-mixing channels, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, vol. 458, no. 2, p. 2215-2220

-Mihajlov Anatolij A, Srećković Vladimir A, Ignjatovic Ljubinko M, Klyucharev AN, Dimitrijevic Milan S, Sakan Nenad M (2015) Non-Elastic Processes in Atom Rydberg-Atom Collisions: Review of State of Art and Problems, J. Astrophys. Astron., vol. 36, 4, p. 623-634

-Arefieff K.N., Miculis K., Bezuglov N.N., Dimitrijevic Milan S, Klyucharev A.N., Mihajlov Anatolij A., Srećković Vladimir A. (2015) Dynamics Resonances

in Atomic States of Astrophysical Relevance, Journal of Astrophysics and Astronomy, vol. 36, no. 4, p. 613-622 M23

-Bezuglov, N. N., Klyucharev, A. N., Mihajlov, A. A. and Srećković, V. A. (2014) Anomalies in radiation-collisional kinetics of Rydberg atoms induced by the effects of dynamical chaos and the double Stark resonance, Advances in Space Research Vol 54 Issue: 7 p1159-1163

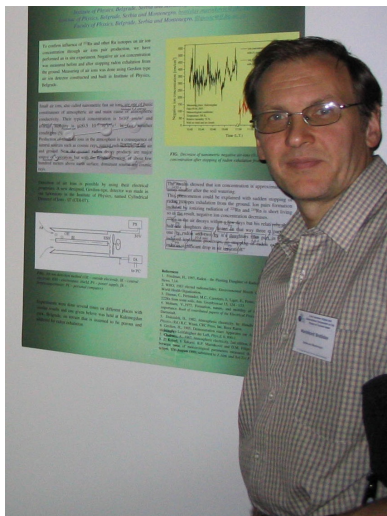
-Srećković, V.A., Mihajlov, A.A., Ignjatović, Lj. M. and Dimitrijević, M.S. (2013) Excitation and deexcitation processes in atom-Rydberg atom collisions in helium-rich white dwarf atmospheres, Astronomy & Astrophysics Vol 552 Pages: A33, 3 pp.

-Mihajlov, A.A, Ignjatović, Lj. M, Srećković, V. A and Dimitrijević, M. S (2011) Chemi-ionization in Solar Photosphere: Influence on the Hydrogen Atom Excited States Population, The Astrophysical Journal Supplement Series Vol 193 Issue: 1 Pages: 2(7pp)

-Mihajlov, A.A, Ignjatović, Lj. M, Srećković, V. A. and Dimitrijević, M. S. (2011) The Influence of Chemi-Ionization and Recombination Processes on Spectral Line Shapes in Stellar Atmospheres, Baltic Astronomy Vol 20 p. 566-571



Слика 9: Вељко Вујчић.



Слика 10: Братислав Маринковић.

3.2 Несиметрични јон-атомски радијативни процеси у астрофизичким плазмама

У оквиру ове теме бавило се истраживањима утицаја јако несиметричних јон-атом радијативних процеса у атмосферама Сунца (мирно Сунце, Сунчеве пеге) и белих патуљака (White dwarf) као и утицај ових процеса у лабораторијским и стеларним плазмама. Главни циљ је био указивање на чињеницу да су испитивани процеси важни и незаобилазни приликом описивања оптичких својстава посматраних плазми. Резултати ових истраживања су презентовани у неколико публикација од којих издвајамо:

-Ignjatović, Lj. M., Mihajlov, A. A., Srećković, V. A. and Dimitrijević, M. S. (2014) The ion–atom absorption processes as one of the factors of the influence on the sunspot opacity, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Vol 441 Issue: 2 p1504-1512

-Srećković, V. A., Mihajlov, A. A., Ignjatović, Lj M. and Dimitrijević, M. S. (2014) Ion-atom radiative processes in the solar atmosphere: quiet Sun and sunspots, Advances in Space Research Vol 54 Issue: 7 p 1264-1271

-Ignjatović, Lj. M., Srećković, V. A., Mihajlov, A. A. and Dimitrijević, M. S. (2014) Absorption non-symmetric ion–atom processes in helium-rich white dwarf atmospheres, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Vol: 439 Issue: 3 p 2342-2350

-Mihajlov, A. A., Ignjatović, Lj. M., Srećković, V. A., Dimitrijević, M. S. and Metropoulos, A. (2013) The non-symmetric ion-atom radiative processes in the stellar atmospheres, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Vol 431 Issue: 1 p 589-599



Слика 11: Лука Ч. Поповић.



Слика 12: Ненад М. Сакан.

3.3 Атомски сударни и радијативни процеси VAMDC

Последњих неколико година активност је усмерена и на раду везаном за атомске/молекулске базе података (<http://servo.aob.rs/mold/>) у оквиру Европског виртуалног центра за атомске и молекулске податке (<http://vamdc.org>; https://portal.vamdc.eu/vamdc_portal/nodes.seam). Сама проблематика је од стратешког значаја за Европску унију и широку научну заједницу како истиче European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) у свом извештају Strategy Report and Roadmap 2018. Резултати ових истраживања приказани су на неколико конференција и радионица као и у следећим радовима:

-Bratislav P. Marinković, Darko Jevremović, Vladimir A. Srećković, Veljko Vujčić, Ljubinko M. Ignjatović, Milan S. Dimitrijević and Nigel J. Mason (2017), BEAMDB and MolD – databases for atomic and molecular collisional and radiative processes: Belgrade nodes of VAMDC, The European Physical Journal D vol.71, issue 6, 158(9)

-Vujcic Veljko, Jevremovic Darko M, Mihajlov Anatolij A, Ignjatovic Ljubinko M, Srećković Vladimir A, Dimitrijevic Milan S, Malovic Miodrag (2015) MOL-D: A Collisional Database and Web Service within the Virtual Atomic and Molecular Data Center, Journal of Astrophysics and Astronomy, vol. 36, no. 4, p. 693-703

Техничка решења у организовању велике количине података тј. MolD базе података (<http://servo.aob.rs/mold/>) приказани су и у два техничка решења РБ 1612 и РБ 1764 <http://www.mpn.gov.rs/wp-content/uploads/2016/04/TEHNICKA-RESENJA-2011-2015-10-april.xls>

3.4 Моделирање континуалне апсорпције електромагнетног зрачења у густој лабораторијској и астрофизичкој плазми

У оквиру ове теме, се бавило истраживањима процеса континуалне апсорпције у области од делимично до јако јонизованих плазми у опсегу електронских концентрација од 10^{14} cm^{-3} па до 10^{20} cm^{-3} и температура 6000 К до 300 000 К. Главни циљ је био постављање новог модела за прорачун процеса континуалне апсорпције електромагнетног зрачења. Он је примењен и проверен за ЕМ спектар таласних дужина $10 \text{ nm} < \lambda < 3000 \text{ nm}$ у опсегу електронских концентрација до 10^{19} cm^{-3} и температура око $> 6000 \text{ K}$. Приказани резултати имају примену како на опис лабораторијских, тако и на плазме у атмосферама звезда. Резултати су представљени у неколико радова као и на неколико конференција:

-Srećković V. A., Sakan N., Šulić D., Jevremović D., Ignjatović Lj. M. and Dimitrijević M. S. (2018) Free-free absorption coefficients and Gaunt factors for dense hydrogen-like stellar plasma *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 475 (1), 1131-1136

-M. S. Dimitrijević, V. A. Srećković, N. M. Sakan, N. N. Bezuglov, A. N. Klyucharev (2018) Free-Free Absorption in Solar Atmosphere, *Geomagnetism and Aeronomy*, 2018, Vol. 58, No. 8, pp. 1067–1072, DOI: 10.1134/S0016793218080054

За детаље и цео списак радова, предавања и осталог погледајте нпр. рад Dimitrijević (2018 a,b) или наредно поглавље.

4. БИБЛИОГРАФИЈА РАДОВА У МЕЂУНАРОДНИМ ЧАСОПИСИМА (Извор SAO/NASA Astrophysics Data System (ADS))

1. Ignjatović, L.M.; Srećković, V.A.; Dimitrijević, M.S. The collisional atomic processes of Rydberg alkali atoms in geo-cosmical plasmas. *MNRAS* 2019, 483, 4202–4209, [arXiv:astro-ph.SR/1812.00180]. doi:10.1093/mnras/sty3294.
2. Dimitrijević, M.S.; Srećković, V.A.; Zalam, A.A.; Bezuglov, N.N.; Klyucharev, A.N. Dynamic Instability of Rydberg Atomic Complexes. *Atoms* 2019, 7, 22. doi:10.3390/atoms7010022.
3. Marinković, B.; Srećković, V.; Vujčić, V.; Ivanović, S.; Uskoković, N.; Nešić, M.; Ignjatović, L.; Jevremović, D.; Dimitrijević, M.; Mason, N. BEAMDB and MOLD-Databases at the Serbian Virtual Observatory for Collisional and Radiative Processes. *Atoms* 2019, 7, 11. doi:10.3390/atoms7010011.
4. Dimitrijević, M.S.; Srećković, V.A.; Sakan, N.M.; Bezuglov, N.N.; Klyucharev, A.N. Free-Free Absorption in Solar Atmosphere. *Geomagnetism and Aeronomy* 2018, 58, 1067–1072. doi:10.1134/S0016793218080054.
5. Srećković, V.; Dimitrijević, M.; Bezuglov, N. Special Issue on Atomic and Ionic Collisions with Formation of Quasimolecules. *Atoms* 2018, 7, 3. doi:10.3390/atoms7010003.
6. Dimitrijević, M.S.; Srećković, V.A.; Ignjatović, L.M. The (n-n')-mixing processes in the Broad Line Region of AGNs: rate coefficients needed for spectroscopy diagnostics. *arXiv e-prints* 2018, [1812.09488].
7. Srećković, V.A.; Dimitrijević, M.S.; Ignjatović, L.M. Atom-Rydberg atom chemi-ionization/recombination processes in the hydrogen clouds in broad-line region of AGNs. *MNRAS* 2018, 480, 5078–5083. doi:10.1093/mnras/sty2256.
8. Sakan, N.M.; Srećković, V.A.; Simic, Z.; Dimitrijević, M.S. The spectral coefficients of absorption processes in dense strongly ionized astrophysical

- plasmas. *Publications de l'Observatoire Astronomique de Beograd* 2018, 98, 325–328.
9. Srećković, V.A.; Ignjatović, L.M.; Jevremovic, D.; Vujcic, V.; Dimitrijević, M.S. Radiative and collisional atomic/molecular data for astrophysics. *Publications de l'Observatoire Astronomique de Beograd* 2018, 98, 195–202.
 10. Srećković, V.; Dimitrijević, M.; Ignjatović, L.; Bezuglov, N.; Klyucharev, A. The Collisional Atomic Processes of Rydberg Hydrogen and Helium Atoms: Astrophysical Relevance. *Galaxies* 2018, 6, 72. doi:10.3390/galaxies6030072.
 11. Dimitrijević, M.S.; Srećković, V.A.; Ignjatović, L.M. Chemi-ionization processes in Narrow-Line Seyfert 1 Galaxies. Revisiting Narrow-Line Seyfert 1 Galaxies and their Place in the Universe, 2018, p. 49.
 12. Srećković, V.A.; Sakan, N.; Šulić, D.; Jevremović, D.; Ignjatović, L.M.; Dimitrijević, M.S. Free-free absorption coefficients and Gaunt factors for dense hydrogen-like stellar plasma. *MNRAS* 2018, 475, 1131–1136. doi:10.1093/mnras/stx3237.
 13. Sakan, N.; Srećković, V.; Simić, Z.; Dimitrijević, M. The Application of the Cut-Off Coulomb Model Potential for the Calculation of Bound-Bound State Transitions. *Atoms* 2018, 6, 4. doi:10.3390/atoms6010004.
 14. Jevremović, D.; Vujčić, V.; Srećković, V.A.; Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Dimitrijević, M.S. The MOL-D database VAMDC node for molecular collisional and radiative processes. *Astronomical and Astrophysical Transactions* 2018, 30, 337–342.
 15. Srećković, V.A.; Mihajlov, A.A.; Sakan, N.M.; Ignjatović, L.M.; Dimitrijević, M.S.; Jevremović, D.; Vulčić, V. HF electric properties of the astrophysical plasmas. *Astronomical and Astrophysical Transactions* 2018, 30, 307–314.
 16. Arefieff, K.N.; Bezuglov, N.N.; Dimitrijević, M.S.; Klyucharev, A.N.; Mihajlov, A.A.; Srećković, V.A.; Chirtsov, A.S. On the anomalous low spontaneous emission rates for p-series of sodium due to the effect of natural Förster resonance. *Astronomical and Astrophysical Transactions* 2018, 30, 299–306.
 17. Mihajlov, A.A.; Srećković, V.A.; Sakan, N.M.; Dimitrijević, M.S. Inverse bremsstrahlung in dwarf atmospheres: the absorption coefficients and Gaunt factors. *Astronomical and Astrophysical Transactions* 2018, 30, 291–298.
 18. Srećković, V.A.; Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Dimitrijević, M.S. Atom-Rydberg atom processes in the stellar atmospheres: DB white-dwarf atmospheres and solar atmosphere. *Astronomical and Astrophysical Transactions* 2018, 30, 281–290.
 19. Srećković, V.; Ignjatović, L.; Dimitrijević, M. Symmetric Atom-Atom and Ion-Atom Processes in Stellar Atmospheres. *Atoms* 2017, 6, 1. doi:10.3390/atoms6010001.
 20. Efimov, D.; Bruvelis, M.; Bezuglov, N.; Dimitrijević, M.; Klyucharev, A.; Srećković, V.; Gnedin, Y.; Fuso, F. Nonlinear Spectroscopy of Alkali Atoms

- in Cold Medium of Astrophysical Relevance. *Atoms* 2017, 5, 50. doi:10.3390/atoms5040050.
21. Ignjatović, L.; Srećković, V.; Dimitrijević, M. The Screening Characteristics of the Dense Astrophysical Plasmas: The Three-Component Systems. *Atoms* 2017, 5, 42. doi:10.3390/atoms5040042.
 22. Srećković, V.; Ignjatović, L.; Jevremović, D.; Vujčić, V.; Dimitrijević, M. Radiative and Collisional Molecular Data and Virtual Laboratory Astrophysics. *Atoms* 2017, 5, 31. doi:10.3390/atoms5030031.
 23. Srećković, V.A.; Jevremović, D.; Vujčić, V.; Ignjatović, L.M.; Milovanović, N.; Erkačić, S.; Dimitrijević, M.S. Mol-D a Database and a Web Service within the Serbian Virtual Observatory and the Virtual Atomic and Molecular Data Centre. *Astroinformatics; Brescia, M.; Djorgovski, S.G.; Feigelson, E.D.; Longo, G.; Cavuoti, S., Eds., 2017, Vol. 325, IAU Symposium, pp. 393–396, [arXiv:astro-ph.IM/1706.05504].* doi:10.1017/S1743921316012643.
 24. Marinković, B.P.; Jevremović, D.; Srećković, V.A.; Vujčić, V.; Ignjatović, L.M.; Dimitrijević, M.S.; Mason, N.J. BEAMDB and MolD - databases for atomic and molecular collisional and radiative processes: Belgrade nodes of VAMDC. *European Physical Journal D* 2017, 71, 158. doi:10.1140/epjd/e2017-70814-6.
 25. Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Srećković, V.A.; Dimitrijević, M.S. Sunspots opacity: the ion-atom absorption processes. *Publications de l'Observatoire Astronomique de Beograd* 2017, 96, 175–178.
 26. Mihajlov, A.A.; Srećković, V.A.; Sakan, N.M.; Ignjatović, L.M.; Simić, Z.; Dimitrijević, M.S. The inverse bremsstrahlung absorption coefficients and Gaunt factors in astrophysical plasmas. *Journal of Physics Conference Series*, 2017, Vol. 810, *Journal of Physics Conference Series*, p. 012059. doi:10.1088/1742-6596/810/1/012059.
 27. Mihajlov, A.A.; Srećković, V.A.; Ignjatović, L.M.; Simić, Z.; Dimitrijević, M.S. Influence of Rydberg atom-atom collisional and (n-n')-mixing processes on optical properties of astrophysical and low-temperature laboratory plasmas. *Journal of Physics Conference Series*, 2017, Vol. 810, *Journal of Physics Conference Series*, p. 012058. doi:10.1088/1742-6596/810/1/012058.
 28. Srećković, V.A.; Mihajlov, A.A.; Sakan, N.M.; Ignjatović, L.M.; Jevremović, D.; Vujčić, V.; Dimitrijević, M.S. Astrophysical and laboratory plasmas: HF properties under extreme conditions. *arXiv e-prints* 2016, [arXiv:physics.plasm-ph/1612.04760].
 29. Mihajlov, A.A.; Srećković, V.A.; Ignjatović, L.M.; Dimitrijević, M.S. Atom-Rydberg-atom chemi-ionization processes in solar and DB white-dwarf atmospheres in the presence of (n - n')-mixing channels. *MNRAS* 2016, 458, 2215–2220. doi:10.1093/mnras/stw308.
 30. Vujčić, V.; Jevremović, D.; Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Srećković, V.A.; Dimitrijević, M.S.; Malović, M. MOL-D: A Collisional Database and Web Service within the Virtual Atomic and Molecular Data Center. *Journal of*

- Astrophysics and Astronomy 2015, 36, 693–703, [arXiv:astro-ph.IM/1603.08200] doi:10.1007/s12036-015-9344-y.
31. Mihajlov, A.A.; Srećković, V.A.; Ignjatović, L.M.; Klyucharev, A.N.; Dimitrijević, M.S.; Sakan, N.M. Non-Elastic Processes in Atom Rydberg-Atom Collisions: Review of State of Art and Problems. *Journal of Astrophysics and Astronomy* 2015, 36, 623–634, [arXiv:physics.atom-ph/1611.06333]. doi:10.1007/s12036-015-9364-7.
 32. Arefieff, K.N.; Miculis, K.; Bezuglov, N.N.; Dimitrijević, M.S.; Klyucharev, A.N.; Mihajlov, A.A.; Srećković, V.A. Dynamics Resonances in Atomic States of Astrophysical Relevance. *Journal of Astrophysics and Astronomy* 2015, 36, 613–622, [arXiv:physics.atom-ph/1603.07372]. doi:10.1007/s12036-015-9358-5.
 33. Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Srećković, V.A.; Dimitrijević, M.S. Ion-Atom and Atom-Atom Collisional Processes and Modeling of Stellar Atmospheres. *Astronomicheskij Tsirkulyar* 2015, 1626, 1–13.
 34. Srećković, V.A.; Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Dimitrijević, M.S. Helium-rich white dwarf atmospheres: the non-symmetric ion-atom absorption processes. *Journal of Physics Conference Series*, 2014, Vol. 565, *Journal of Physics Conference Series*, p. 012022. doi:10.1088/1742-6596/565/1/012022.
 35. Bezuglov, N.N.; Dimitrijević, M.S.; Klyucharev, A.N.; Mihajlov, A.A. Dynamic Characteristics of Excited Atomic Systems. *Journal of Physics Conference Series*, 2014, Vol. 565, *Journal of Physics Conference Series*, p. 012021. doi:10.1088/1742-6596/565/1/012021.
 36. Srećković, V.A.; Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Dimitrijević, M.S. Ion-atom radiative processes in the solar atmosphere: quiet Sun and sunspots. *Advances in Space Research* 2014, 54, 1264–1271, [arXiv:astro-ph.SR/1312.0094]. doi:10.1016/j.asr.2013.11.017.
 37. Ignjatović, L.M.; Mihajlov, A.A.; Srećković, V.A.; Dimitrijević, M.S. The ion-atom absorption processes as one of the factors of the influence on the sunspot opacity. *MNRAS* 2014, 441, 1504–1512, [arXiv:astro-ph.SR/1404.0688]. doi:10.1093/mnras/stu638.
 38. Ignjatović, L.M.; Mihajlov, A.A.; Srećković, V.A.; Dimitrijević, M.S. Absorption non-symmetric ion-atom processes in helium-rich white dwarf atmospheres. *MNRAS* 2014, 439, 2342–2350, [arXiv:astro-ph.SR/1402.6955]. doi:10.1093/mnras/stu058.
 39. Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Srećković, V.A.; Dimitrijević, M.S.; Metropoulos, A. The non-symmetric ion-atom radiative processes in the stellar atmospheres. *MNRAS* 2013, 431, 589–599, [arXiv:astro-ph.SR/1302.5912]. doi:10.1093/mnras/stt187.
 40. Srećković, V.A.; Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Dimitrijević, M.S. The influence of the radiative non-symmetric ion-atom collisions on the stellar atmospheres in VUV region. *Astronomical and Astrophysical Transactions* 2013, 28, 73–79, [arXiv:astro-ph.SR/1311.0409].

41. Srećković, V.A.; Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Dimitrijević, M.S. Excitation and deexcitation processes in atom-Rydberg atom collisions in helium-rich white dwarf atmospheres. *A&A* 2013, 552, A33, [arXiv:astro-ph.SR/1302.6188]. doi:10.1051/0004-6361/201220699.
42. Mihajlov, A.A.; Srećković, V.A.; Ignjatović, L.J. M.; Dimitrijević, M.S.; Metropoulos, A. The quasi-molecular absorption bands in UV region caused by the non-symmetric ion-atom radiative processes in the solar photosphere. *Journal of Physics Conference Series*, 2012, Vol. 397, *Journal of Physics Conference Series*, p. 012054. doi:10.1088/1742-6596/397/1/012054.
43. Srećković, V.A.; Ignjatović, L.M.; Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S. Electrical Conductivity of Plasmas of DB White Dwarfs Atmospheres. *Publications of the Astronomical Society "Rudjer Boskovic"* 2012, 11, 331–335.
44. Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Srećković, V.A.; Dimitrijević, M.S. Chemi-ionization in Solar Photosphere: Influence on the Hydrogen Atom Excited States Population. *ApJS* 2011, 193, 2, [arXiv:astro-ph.SR/1105.2134]. doi:10.1088/0067-0049/193/1/2.
45. Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Srećković, V.A.; Dimitrijević, M.S. The Influence of Chemi-Ionization and Recombination Processes on Spectral Line Shapes in Stellar Atmospheres. *Baltic Astronomy* 2011, 20, 566–571, [arXiv:astro-ph.SR/1112.6087]. doi:10.1515/astro-2017-0337.
46. Srećković, V.A.; Ignjatović, L.M.; Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S. Electrical Conductivity of Plasma in DB White Dwarf Atmospheres. *American Institute of Physics Conference Series*; Werner, K.; Rauch, T., Eds., 2010, Vol. 1273, *American Institute of Physics Conference Series*, pp. 432–435. doi:10.1063/1.3527857.
47. Srećković, V.A.; Ignjatović, L.M.; Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S. Electrical Conductivity Of Plasmas In Db White Dwarf Atmospheres. *Publications de l'Observatoire Astronomique de Beograd* 2010, 89, 383–386.
48. Srećković, V.A.; Ignjatović, L.M.; Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S. Electrical conductivity of plasmas of DB white dwarf atmospheres. *MNRAS* 2010, 406, 590–596, [arXiv:astro-ph.SR/1208.2510]. doi:10.1111/j.1365-2966.2010.16702.x.
49. Ignjatović, L.M.; Mihajlov, A.A.; Metropoulos, A.; Sakan, N.M.; Dimitrijević, M.S. The Contribution of the Absorption Processes to the Opacity of DB White Dwarf Atmospheres in UV and VUV Regions. *American Institute of Physics Conference Series*; Angelopoulos, A.; Fildisis, T., Eds., 2010, Vol. 1203, *American Institute of Physics Conference Series*, pp. 121–126. doi:10.1063/1.3322343.
50. Klyucharev, A.N.; Zakharov, M.Y.; Matveev, A.A.; Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Dimitrijević, M.S. Chemi-ionization - experiment, theories, geocosmical perspectives. *Publications of the Astronomical Society "Rudjer Boskovic"* 2009, 9, 51–65.

51. Ignjatović, L.M.; Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S.; Srećković, V.A. The ($n - n'$)-mixing processes in stellar atmospheres. *Publications of the Astronomical Society "Rudjer Boskovic"* 2009, 9, 25–34.
52. Ignjatović, L.M.; Mihajlov, A.A.; Sakan, N.M.; Dimitrijević, M.S.; Metropoulos, A. The total and relative contribution of the relevant absorption processes to the opacity of DB white dwarf atmospheres in the UV and VUV regions. *MNRAS* 2009, 396, 2201–2210. doi:10.1111/j.1365-2966.2009.14870.x.
53. Klyucharev, A.N.; Bezuglov, N.N.; Matveev, A.A.; Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Dimitrijević, M.S. Rate coefficients for the chemi-ionization processes in sodium- and other alkali-metal geocosmical plasmas. *New Astr. Rev* 2007, 51, 547–562. doi:10.1016/j.newar.2007.05.001.
54. Mihajlov, A.A.; Jevremović, D.; Hauschildt, P.; Dimitrijević, M.S.; Ignjatović, L.M.; Allard, F. The Influence of Chemi-Ionization and Chemi-Recombination Processes on H Lines in M Dwarf Atmospheres. *Spectral Line Shapes in Astrophysics*; Popovic, L.C.; Dimitrijević, M.S., Eds., 2007, Vol. 938, American Institute of Physics Conference Series, pp. 214–217. doi:10.1063/1.2800132.
55. Klyucharev, A.N.; Bezuglov, N.N.; Matveev, A.A.; Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Dimitrijević, M.S. Chemi-ionization Processes. *Alkali-metal Geocosmical Plasmas. Spectral Line Shapes in Astrophysics*; Popovic, L.C.; Dimitrijević, M.S., Eds., 2007, Vol. 938, American Institute of Physics Conference Series, pp. 136–141. doi:10.1063/1.2800117.
56. Mihajlov, A.A.; Jevremović, D.; Hauschildt, P.; Dimitrijević, M.S.; Ignjatović, L.M.; Alard, F. Influence of chemi-ionization and chemi-recombination processes on hydrogen line shapes in M dwarfs. *A&A* 2007, 471, 671–673. doi:10.1051/0004-6361:20077517.
57. Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Sakan, N.M.; Dimitrijević, M.S. The influence of H_2^+ - photo-dissociation and $(H + H^+)$ - radiative collisions on the solar atmosphere opacity in UV and VUV regions. *A&A* 2007, 469, 749–754. doi:10.1051/0004-6361:20077206.
58. Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Dimitrijević, M.S. Processes of ($n - n'$)-mixing in collisions of Rydberg $H^*(n)$ atoms with $H(1s)$ in the Solar atmosphere. *A&A* 2005, 437, 1023–1027. doi:10.1051/0004-6361:20052694.
59. Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Dimitrijević, M.S. Processes of atom - atom ($n - n'$)-mixing influence on hydrogen atom Rydberg states populations in stellar atmospheres. *Memorie della Societa Astronomica Italiana Supplementi* 2005, 7, 151.
60. Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Dimitrijević, M.S.; Djurić, Z. Symmetrical Chemi-Ionization and Chemi-Recombination Processes in Low-Temperature Layers of Helium-rich DB White Dwarf Atmospheres. *ApJS* 2003, 147, 369–377. doi:10.1086/375621.

61. Mihajlov, A.A.; Jevremović, D.; Hauschildt, P.; Dimitrijević, M.S.; Ignjatović, L.M.; Alard, F. Influence of chemi-ionization and chemi-recombination processes on the population of hydrogen Rydberg states in atmospheres of late type dwarfs. *A&A* 2003, 403, 787–791. doi:10.1051/0004-6361:20030463.
62. Mihajlov, A.A.; Jevremović, D.; Ignjatović, M.L.; Hauschildt, P.; Dimitrijević, S.M. The influence of chemical ionization and chemical recombination processes on the plasma parameters in low-temperature layers of stellar atmospheres. *Astronomical and Astrophysical Transactions* 2003, 22, 513–517. doi:10.1080/1055679031000136445.
63. Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.; Dimitrijević, M.S.; Jevremović, D.; Hauschildt, P. Radiation and Chemi-Ionization/Recombination Processes in Atom-Atom and Ion-Atom Collisions in the Modeling of Low-Temperature Stellar Atmospheres. *Modelling of Stellar Atmospheres*; Piskunov, N.; Weiss, W.W.; Gray, D.F., Eds., 2003, Vol. 210, IAU Symposium, p. B2.
64. Dimitrijević, M.S.; Mihajlov, A.A. Influence of Ion-atom Collisional Quasimolecular Complexes on DB White Dwarf Plasma Properties. *Astronomische Gesellschaft Meeting Abstracts*; Schielicke, E.R., Ed., 2001, Vol. 18, *Astronomische Gesellschaft Meeting Abstracts*.
65. Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S.; Ignjatović, L.J.M.; Vasiljević, M.M. Chemi-ionization and chemi-recombination processes in astrophysical plasmas. *Astronomical and Astrophysical Transactions* 1999, 18, 145–149. doi:10.1080/10556799908203047.
66. Mihajlov, A.A.; Djurić, Z.; Dimitrijević, M.S.; Ljepojević, N.N. Collisional He – He*(n) chemi-ionization and dielectronic He - He+ - e and He2 + - e recombination: Differential and total reaction rate coefficients. *Phys.Scr.* 1997, 56, 631–639. doi:10.1088/0031-8949/56/6/018.
67. Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Dimitrijević, M.S. Emission/absorption bands in optical and VUV spectra of partially ionized plasma generated by ion-atom collisions. *Publications de l’Observatoire Astronomique de Beograd* 1997, 57, 9.
68. Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Vasiljevic, M.M.; Dimitrijević, M.S. Processes of H-H⁺-e and H₂⁺-e recombination in the weakly-ionized layers of the solar atmosphere. *A&A* 1997, 324, 1206–1210.
69. Dimitrijević, M.S.; Mihajlov, A.A.; Ignjatović, M.; Djurić, Z. The influence of ion - atom complexes on the stellar plasma kinetic and optical characteristics of stellar atmospheres. *Joint European and National Astronomical Meeting*; Hadjidemetrioy, J.D.; Seiradakis, J.H., Eds., 1997, p. 147.
70. Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S.; Ignjatović, L.M.; Vasiljević, M.M. Chemi-ionization and chemi-recombination processes influence on excited atom populations in Solar atmospheres. *Joint European and National Astronomical Meeting*; Hadjidemetrioy, J.D.; Seiradakis, J.H., Eds., 1997, p. 48.
71. Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S.; Ignjatović, L.M.; Vasiljević, M.M. Chemi-ionization and chemi-recombination processes in solar and stellar

- atmospheres. *Publications de l'Observatoire Astronomique de Beograd* 1996, 54, 35–38.
72. Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S.; Djurić, Z. Rate coefficients of collisional $H - H^*(n)$ ionization and $H - H^+ - e$ and $H_2^+ - e$ recombination. *Phys.Scr.* 1996, 53, 159–166. doi:10.1088/0031-8949/53/2/005.
 73. Mihajlov, A.A.; Djurić, Z.; Dimitrijević, M.S. The influence of $He - He^+ - e$ and $He_2^+ - e$ recombination and $He - He^*(n)$ ionization on the population of $He^*(n)$ atoms in helium plasma. *JQSRT* 1996, 55, 141–147. doi:10.1016/0022-4073(95)00161-1.
 74. Dimitrijević, M.S.; Djurić, Z.; Ignjatović, L.M.; Mihajlov, A.A. The $He - He^+ - He$ Recombination and $He - He^*(n)$ Ionization in stellar Atmospheres. 2nd Hellenic astronomical conference; Contadakis, M.E.; Hadjidemetriou, J.D.; Mavridis, L.N.; Seiradakis, J.H., Eds., 1996, p. 200.
 75. Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S.; Ignjatović, L.M.; Djurić, Z. Radiative $He + (1s) + He(1s 2)$ Processes as the Source of the DB White Dwarf Atmosphere Electromagnetic Continuous Spectra. *ApJ* 1995, 454, 420. doi:10.1086/176493.
 76. Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S.; Ignjatović, L.M.; Djurić, Z. The importance of radiative $He+(1s)+He(1s2)$ processes for the DB white dwarf atmosphere EM-continuous spectra. *Publications de l'Observatoire Astronomique de Beograd* 1995, 49, 171–174.
 77. Ermolaev, A.M.; Mihajlov, A.A.; Ignjatović, L.M.; Dimitrijević, M.S. Continuous emission due to radiative ion-atom association and charge exchange in weakly ionized plasmas of H, He, Li and Na. *Journal of Physics D Applied Physics* 1995, 28, 1047–1057. doi:10.1088/0022-3727/28/6/005.
 78. Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S.; Ignjatović, L.M. The influence of ion-atom radiative collisions on the continuous optical spectra in helium-rich DB white-dwarf atmospheres. *A&A* 1994, 287, 1026–1028.
 79. Dimitrijević, M.S.; Djurić, Z.; Mihajlov, A.A. Stark broadening of Al III and Cu IV lines for diagnostic of the rail gun arc plasma. *Journal of Physics D Applied Physics* 1994, 27, 247–252. doi:10.1088/0022-3727/27/2/011.
 80. Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S.; Ignjatović, L.; Djurić, Z. Spectral coefficients of emission and absorption due to ion-atom radiation collisions in the solar atmosphere. *A&As* 1994, 103, 57–66.
 81. Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S.; Ignjatović, L.M. The influence of ion-atoms radiative collisions on the opacity in helium-rich D3 white dwarfs. *Chemically Peculiar and Magnetic Stars*; Zverko, J.; Ziznovsky, J., Eds., 1994, p. 149.
 82. Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S.; Ignjatović, L.; Djurić, Z. *VizieR Online Data Catalog: Ion-atom collisions in Sun atmosphere (Mihajlov+ 1994)*. *VizieR Online Data Catalog* 1993, 410.

83. Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S.; Ignjatović, L.M. Ion-atom radiative collisions and the opacity of the solar atmosphere. *Publications de l'Observatoire Astronomique de Beograd* 1993, 44, 73–76.
84. Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S.; Ignjatović, L.M. The contribution of ion-atom radiative collisions to the opacity of the solar atmosphere. *A&A* 1993, 276, 187.
85. Mihajlov, A.A.; Ermolaev, A.M.; Dimitrijević, M.S. Continuous emission from a low-temperature helium plasma due to radiative charge exchange and radiative ion-atom recombination. *JQSRT* 1993, 50, 227–232. doi:10.1016/0022-4073(93)90120-7.
86. Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S.; Ermolaev, A.M. Radiation Charge Exchange and Radiation Ion-Atom Recombination as a Source of Continual EM Radiation from Astrophysical Plasma. *Planetary Nebulae; Weinberger, R.; Acker, A., Eds., 1993, Vol. 155, IAU Symposium, p. 189.*
87. Mihajlov, A.A.; Ljepojević, N.N.; Dimitrijević, M.S. Influence of ion-atom collisions on the recombination of electrons. *Journal of Physics B Atomic Molecular Physics* 1992, 25, 5121–5127. doi:10.1088/0953-4075/25/23/015.
88. Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S. Influence of ion-atom collisions on the absorption of radiation in white dwarfs. *A&A* 1992, 256, 305–308.
89. Mihajlov, A.A.; Ljepojević, N.N.; Dimitrijević, M.S. Ion-atom complexes and the recombination in stellar plasma. *The Atmospheres of Early-Type Stars; Heber, U.; Jeffery, C.S., Eds., 1992, Vol. 401, Lecture Notes in Physics, Berlin Springer Verlag, p. 365. doi:10.1007/3-540-55256-1_337.*
90. Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S. Ion-atom complexes and the absorption of radiation in stellar plasma. *The Atmospheres of Early-Type Stars; Heber, U.; Jeffery, C.S., Eds., 1992, Vol. 401, Lecture Notes in Physics, Berlin Springer Verlag, p. 362. doi:10.1007/3-540-55256-1_336.*
91. Dimitrijević, M.S.; Mihajlov, A.A.; Djurić, Z.; Grabowski, B. On the influence of Debye shielding on the Stark broadening of ion lines within the classical model. *Journal of Physics B Atomic Molecular Physics* 1989, 22, 3845–3850. doi:10.1088/0953-4075/22/23/008.
92. Dimitrijević, M.S.; Mihajlov, A.A.; Popović, M.M. Stark Broadening Trends Along Homologous Sequences. *A&As* 1987, 70, 57.
93. Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S. Influence of ion-atom collisions on the absorption of radiation. *A&A* 1986, 155, 319–322.
94. Mihajlov, A.A.; Dimitrijević, M.S.; Popović, M.M. Determination of Electrical Conductivity of Plasma on the Basis of the Cut-Off Coulomb Potential Model. *XVII International Conference on Phenomena in Ionized Gases, held July 8-12, 1985, in Budapest, Hungary. Contributed Papers, Volume 1. Organizing Committee ICPIG-XVII. 1985. p. 357; Bokos, J.S.; Sörlei, Z., Eds., 1985, p. 357.*

5. ЗАКЉУЧЦИ

Намера овог рада је да упозна астрономску заједницу са научним достигнућима створеним током скоро 35 година сарадње између чланова Института за физику Београд (А.А. Михајлов, Љ.М. Игњатовић, В.А. Срећковић и сарадници) и чланова Астрономске опсерваторије Београд (М. С. Димитријевић и сарадници).

Основни научни циљ ове сарадње био је а и још увек је истраживање утицаја различитих атомских сударних процеса на зрачење код Сунца, хладних звезда и белих патуљака – једне од завршних фаза у развоју звезда а такође и на физику Активних галактичких језгра (АГЈ). Исто тако ова истраживања су веома важна за изучавање плазми добијених у лабораторијским условима. Поред научних циљева, сарадња има такође за циљ да буде основа за образовање младих научника као и за међународну сарадњу у овој области.

Захвалница

Овај рад је урађен у оквиру пројеката ОИ 176002 и ИИИ 440020 финансиран од стране Министарство просвете, науке и технолошког развоја.

Литература

- Dimitrijević, M. S.: 2018a, *Publications de l'Observatoire Astronomique de Beograd*, **98**, 115–120.
 Dimitrijević, M. S.: 2018b, *Pub. Astr. druš. "Rudjer Bošković"*, **17**, 2018, 359-397

INVESTIGATION OF RADIATIVE AND COLLISIONAL ATOMIC PROCESSES IN ASTROPHYSICS: COOPERATION BETWEEN THE INSTITUTE OF PHYSICS BELGRADE AND ASTRONOMICAL OBSERVATORY BELGRADE

This paper presents the history of cooperation between members of the Institute of Physics Belgrade (A. A. Mihajlov, Lj. M. Ignjatović, V. A. Srećković and coworkers) and members of the Astronomical Observatory Belgrade (M. S. Dimitrijević and his coworkers) in the field of investigation of radiative and collisional atomic processes in astrophysics.

Key words: Institute of Physics, Astronomical Observatory, cooperation, atomic processes, Stellar astronomy, Extragalactic astronomy, Stellar atmospheres, Astroinformatics, databases, history of astronomy