

# ИНСТИТУТ ЗА ФИЗИКУ

|           |             |              |        |
|-----------|-------------|--------------|--------|
| ПРИМЉЕНО: |             | 29. 11. 2024 |        |
| Рад.јед.  | б р о ј     | Архивирање   | Прилог |
|           | 0801-1972/4 |              |        |

## НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ У БЕОГРАДУ

### Извештај комисије за избор др Ивана Трапарића у звање научни сарадник

На седници научног већа Института за физику у Београду одржаној 5.11.2024. године именовани смо у комисију за избор др Ивана Трапарића у звање научни сарадник.

Прегледом материјала који је достављен, као и на основу личног познавања кандидата и увида у његов рад и публикације, Научном већу Института за физику у Београду подносимо овај извештај.

#### 1. Биографски подаци о кандидату

Иван Трапарић рођен је у Требињу, БиХ, 14.9.1996. године где је завршио основну и средњу школу. На основне студије Физичког факултета Универзитета у Београду уписује се 2015. године на смер Примењена и компјутерска физика. Основне студије завршава у редовном року 2019. године са средњом просечном оценом 9.43. Исте године уписује мастер студије на Физичком факултету Универзитета у Београду на смеру Теоријска и експериментална физика. Мастер студије је завршио са средњом просечном оценом 10, а мастер рад одбранио са оценом 10. Мастер рад под насловом „Вакуум ултраљубичаста спектроскопија Лајманове серије јонизованог атома хелијума“ је урађен у Лабораторији за спектроскопију плазме и ласере на Институту за физику у Београду, под руководством др Миљивоја Ивковића.

На Институту за физику у Београду је запослен од априла 2021. као студент докторских студија у звању истраживач приправник. Током докторских студија, бавио се или се бави вакуум ултраљубичастом спектроскопијом електричних гасних пражњења, применом машинског учења и вештачке интелигенције у оптичкој емисионој спектроскопији плазме и унапређивањем метода и побољшања граница детекције појединих елемената у спектроскопији ласерски индукованих плазми. У последње време, бави се и применом вештачке интелигенције у вакуум ултраљубичастој спектроскопији фузионих плазми. У току основних студија је учествовао на две летње школе из области физике фузионих плазми. Прва летња школа организована је у Београду, у организацији Фузоине образовне мреже (ФОМ). Током ове летње школе, имао је прилику да путем интернета присуствује експериментима на токамаку GOLEM у Прагу, а тема истраживања била је експериментална физика runaway електрона. Друга летња школа је била на Институту за физику плазме Чешке академије наука и уметности у Прагу, где су рађени експерименти на токамаку COMPASS. Овде је имао прилику да две недеље учествује у истраживању експерименталне групе која се бави нестабилностима на ивици плазме.

До сада је објавио шест радова у часописима са СЦИ листе, од којих су три објављена у врхунском међународном часопису (категорија M21) а остала три у међународном часопису категорије M23. Свој досадашњи рад презентовао је на шест међународних конференција (SPIG 2020, SPIG 2022, SPIG 2024, XIV SCSLSA, SLSP 6 и ICSLS 2024). На међународној конференцији 14th Serbian Conference on Spectral Line Shapes in Astrophysics одржаној у Бајној Башти у јуну 2023. године је одржао кратко позивно предавање. Такође, на

међународној конференцији SPIG 2024 је одржао позивно предавање. Учесник је пројекта NOVA2LIBS4fusion који се финансира у оквиру програма ИДЕЈЕ Фонда за науку Републике Србије. Према индексној бази Scopus његови радови цитирани су 7 пута без ауоцитата и цитата коаутора, а Хиршов фактор износи  $h = 2$ .

## 2. Преглед научне активности

Научна активност др Ивана Трапарића је првенствено у области дијагностике плазме методом оптичке емисионе и вакуум ултраљубичасте (ВУВ) спектроскопије, применама машинског учења у спектроскопији плазме, те методама унапређена аналитичких перформанси спектроскопије ласерски индукованог пробоја.

Сходно овоме, рад кандидата се може класификовати у следеће категорије:

1. Примена машинског учења у спектроскопији плазме
2. Истраживања у области спектроскопије ласерски индукованог пробоја

Кандидат је до сада објавио 6 научних радова, а од тога 2 рада од претходног избора у звање (новембар 2023. године) до данас.

### 2.1. Примена машинског учења у спектроскопији плазме

Примена машинског учења присутна је у свим областима науке генерално, па је тако своју примену нашло и у спектроскопији плазме. Један од историјски најстаријих области којима се Лабораторија за спектроскопију плазме и ласере бави јесте одређивање густине електрона коришћењем различитих особина спектралних линија које испољавају Штарков ефекат (полуширина линије, растојање између дозвољених и забрањених компоненти итд.). У том смислу, у оквиру рада на докторској дисертацији кандидат је развио модел заснован на машинском учењу чији је циљ био предвиђање полуширине емитоване спектралне линије за улазне параметре плазме: густина електрона, температура електрона, емитер, наелектрисање емитера, ефективни јонизациони потенцијал горњег нивоа, енергије горњег и доњег енергетског нивоа, главни и орбитални квантни бројеви оба нивоа, укупни угаони момент оба нивоа и енергија јонизације емитера. Поред могућности брзе процене Штаркове полуширине, испитане су и регуларности Штарковог ефекта дуж спектралне серије неутралног атома литијума. Резултати ових истраживања објављени су у два рада у иностраним научним часописима:

#### 1. Stark spectral line broadening modeling by machine learning algorithms

**Аутори:** I. Tapalaga, I. Traparić, N. Trklja Boca, J. Purić, I. P. Dojčinović  
**Часопис:** Neural Computing and Applications 34, 6349-6358, 2022, M21, IF 6.0  
**DOI:** 10.1007/s00521-021-06763-4

#### 2. New perspectives in the analysis of Stark width regularities and systematic trends

**Аутори:** Z. Majlinger, I Traparić  
**Часопис:** Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso 53, 58 – 71, 2023, M23, IF 0.3  
**DOI:** 10.31577/caosp.2023.53.3.58

Машинско учење је такође примењено и у класификацији звезда на основу снимљеног спектра у видљивој области и ови резултати су објављени у раду:

## **1. The usage of perceptron, feed and deep feed forward artificial neural networks on the spectroscopy data: astrophysical & fusion plasmas**

**Аутори:** NM Sakan, I Traparic, VA Sreckovic, M Ivkovic

**Часопис:** Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso 52, 97 – 104, 2022, M23, IF 0.4

**DOI:** 10.31577/caosp.2022.52.3.97

Потом, урађено је испитивање могућности обучавања модела машинског учења на постојећој бази снимљених спектра стандардних узорака нерђајућих челика у циљу квантитативне анализе у спектроскопији ласерски индукованог пробоја. Наиме, како би се избегло трошење времена на прављење базе за обучавање, са истом апаратуром и при истим условима снимљени су спектри тест узорака и резултати су објављени у раду:

### **1. Determination of austenitic steel alloys composition using laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) and machine learning algorithms**

**Аутори:** I Trparić, M Ivković

**Часопис:** The European Physical Journal D 77, 30, 2023, M23, IF 1.6

**DOI:** 10.1140/epjd/s10053-023-00608-6

Коначно, машинско учење примењено је у сврху генерације и моделовања спектра волфрама емитованог у области ВУВ спектра у опсегу таласних дужина од 4 до 7 nm. У овом делу спектра, колизионо радијативни модели развијени раније нису у могућности да Спектри су снимљени у хелиотрону ЛХД (енг. Large Helical Device) у Јапану. Рад је послат у часопис и тренутно је у процесу рецензије.

## **2.2. Истраживања у области спектроскопије ласерски индукованог пробоја**

У току реализације пројекта ИДЕЈЕ кандидат је учествовао у унапређењу постојећих метода спектроскопије ласерски индукованог пробоја (енг. LIBS – Laser Induced Breakdown Spectroscopy) у циљу анализе и карактеризације првог зида фузионог реактора. С тим у вези, прво је испитана граница детекције бакра у легури волфрам – бакар која представља идеалан прелазни материјал са чистог волфрама на неку од легура као што је легура CuCrZr од које се праве цеви за хлађење првог зида реактора. Прелазни материјал је потребан јер због изложености првог зида јаким топлотним флуксевима долази до напрснућа материјала првог зида чиме се угрожавају саме цеви за хлађење и безбедан рад фузионог реактора. Због тога, ЛИБС техника је искоришћена за демонстрацију одређивања процента бакра у узорку као и количине аблираног материјала. Резултати су објављени у раду:

### **1. LIBS depth-profile analysis of W/Cu functionally graded material**

**Аутори:** M Ivkovic, J Savovic, Biljana D Stankov, M Kuzmanovic, I Traparic

**Часопис:** Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy 213, 106874, 2024, M21, IF 3.2

**DOI:** 10.1016/j.sab.2024.106874

Други проблем који је размотрен у овом пројекту јесу технике раздвајања Балмер алфа линија водоникових изотопа. Овај проблем је веома актуелан јер се развија метода процене концентрације трицијума у првом зиду реактора in-situ методом, која би дала брзу, једноставну и поуздану процену концентрације трицијума у првом зиду нуклеарног реактора.

Метода која је примењена је демонстрирана на графитној мети на коју је накапана одређена концентрација тешке воде. Мета је изложена ласерском импулсу ТЕА CO<sub>2</sub> ласера различитих енергија, а снимање спектра је вршено у контролисаној атмосфери аргона и хелијума коришћењем спектрометра високе резолуције и iCCD камере. Добијени резултати приказани су у раду:

### **1. Resolving studies of Balmer alpha lines relevant to the LIBS analysis of hydrogen isotope retention**

**Аутори:** I Traparic, D Rankovic, BD Stankov, J Savovic, M Kuzmanovic, M Ivkovic

**Часопис:** Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy 221, 107050, 2024, M21, IF 3.2

**DOI:** 10.1016/j.sab.2024.107050

## **3. Елементи за квалитативну процену научног доприноса кандидата**

### **3.1. Значај научних резултата**

Иван Трапарић дао је свој допринос у различитим областима физике јонизованих гасова и плазме. Главна област истраживања кандидата била је примена машинског учења у спектроскопији плазме, где је постигао запажене резултате.

У оквиру истраживања везаних за примену машинског учења, први пут је успешно применио машинско учење у сврху анализирања Штарковог ефекта. Тачно су предвиђене регуларности дуж спектралних серија неутралног атома литијума, а модел је успешно предвидео и сатурацију полуширине услед Штарковог ефекта која настаје услед Дебајевог екранирања емитера. Такође, демонстрирано је и да модел може јако ефикасно да да процену Штаркове полуширине за било који емитер са одступањем од 20 % у односу на експериментална мерења, што је у складу са семи класичним пертурбационим моделом (енг. SCP – Semiclassical Perturbation Theory) Сахал Брешо и Димитријевића на чијим резултатима је исти и обучаван. Такође, услед доступности опреме у Лабораторији за спектроскопију плазме и ласере, снимљена је тест база под истим условима као и база за потребе упоредног такмичења (енг. benchmarking) на ЛИБС 2022 међународној конференцији. Идеја је била да се по први пут проба метод обучавања модела на бази која снимљена са истим инструментом у другој лабораторији, а да се потом обучени модел искористи за квантитативну анализу снимљених узорака у сопственој лабораторији. Резултати овог истраживања демонстрирају да је овај метод остварив, али како би примена машинског учења до краја заживела у ЛИБС квантитативној анализи, потребна је стандардизација методе што је и дискутовано у раду.

Коначно, кандидат је дао и велики допринос у експерименталној поставци, реализацији експеримента и тумачењу резултата у оквиру пројекта ИДЕЈЕ. Овде је демонстрирана могућност раздвајања Балмер алфа линија водоника и деутеријума коришћењем спектроскопије ласерски индукованог пробоја на ниском притиску. Добијени однос сигнал/шум и резолуција са којом су ове линије раздвојене сугерише да је ова метода погодна за раздвајање Балмер алфа линија деутеријума и трицијума у сврху процене концентрације уграђеног трицијума у први зид реактора.

Резултате истраживања кандидат је објавио у 6 научних радова од којих су три категорије M21 и три категорије M23. Поред ових радова, кандидат има и 10 саопштења на међународним конференцијама и научним скуповима. Као два најзначајнији рад кандидата, комисија би издвојила рад

## 1. Determination of austenitic steel alloys composition using laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) and machine learning algorithms

Аутори: I Traparić, M Ivković

Часопис: The European Physical Journal D 77, 30, 2023, M23, IF 1.6

DOI: 10.1140/epjd/s10053-023-00608-6

### 3.2. Параметри квалитета часописа

Др Иван Трапарић је током своје каријере објавио шест радова у међународним часописима, од тога два рада од претходног избора у звање. Квалитет објављених радова може се проценити на основу квалитета часописа у којима су ови радови објављени:

- 2 рада у врхунском међународном часопису *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* (M21, IF 3.2)
- 1 рад у врхунском међународном часопису *Neural Computing and Applications* (M21, IF 6.0 (2022))
- 1 рад у међународном часопису: *The European Physical Journal D* (M23, IF 1.6)
- 2 рада у међународном часопису: *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso* (M23, 0.4)

У табели испод дате су укупне вредности импакт фактора (ИФ) и импакт фактора нормализованог по импакту цитирајућег чланка (СНИП), као и вредности свих фактора усредњених по броју чланака и по броју аутора, за радове објављене у М20 категоријама.

|                     | ИФ    | М    | СНИП  |
|---------------------|-------|------|-------|
| Укупно              | 14.80 | 33   | 5.175 |
| Усредњено по чланку | 2.46  | 5.5  | 0.862 |
| Усредњено по аутору | 1.23  | 2.75 | 0.431 |

### 3.3. Учествовање на међународним скуповима

Др Иван Трапарић одржао је два предавања по позиву на међународним конференцијама

1. I. Traparić, Stark Broadening Modeling with ML and AI Algorithms, XIV Serbian Conference on Spectral Line Shapes in Astrophysics, 19 – 23 June 2023, Bajna Bašta, Serbia
2. I. Traparić, Application of Machine Learning and Artificial Intelligence in Plasma Spectroscopy, 32nd SPIG, 26 – 30 August 2024, Belgrade, Serbia

### 3.4. Позитивна цитираност кандидата

Према Scopus бази података радови др Ивана Трапарића цитирани су 7 пута без аутоцитата са укупним h – фактором 2.

### 3.5. Учесће на пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Др Иван Трапарић годину дана активно учествује као члан пројектног тима на пројекту NOVA2LIBS4fusion који се финансира у оквиру позива ИДЕЈЕ Фонда за науку Републике Србије.

### 3.6. Рецензије у међународним часописима

Др Иван Трапарић био је рецензент два рада у истакнутом међународном часопису Applied Spectroscopy (M22, ИФ 2.2).

### 3.7. Ангажман у настави

Др Иван Трапарић је три године држао наставу физике на међународном програму Интернационалне матуре (енг. IB DP – International Baccalaureate Diploma Programme) у десетој гимназији „Михало Пупин“ у Београду.

## 4. Елементи за квантитативну анализу научног доприноса кандидата

Остварени квантитативни резултати приказани су у табели испод:

| Категорија | М бодова по раду | Број радова | Укупно М бодова | Укупно М бодова (нормирано) |
|------------|------------------|-------------|-----------------|-----------------------------|
| M21        | 8                | 3           | 24              | 24                          |
| M23        | 3                | 3           | 9               | 9                           |
| M33        | 1                | 4           | 4               | 4                           |
| M34        | 0.5              | 6           | 3               | 3                           |
| M70        | 6                | 1           | 6               | 6                           |
|            |                  | Укупно      | 46              | 46                          |

Поређење са минималним квантитативним резултатима за избор у звање научни сарадник

| М категорија                            | Потребно | Остварено | Остварено (нормирано) |
|---|----------|-----------|-----------------------|
| Укупно                                  | 16       | 46        | 46                    |
| M10 + M20 + M31 + M32 + M33 + M41 + M42 | 10       | 37        | 37                    |
| M11 + M12 + M21 + M22 + M23             | 6        | 33        | 33                    |

## 5. Закључак

Комисија је прегледала и анализирала документацију кандидата др Ивана Трапарића за избор у звање научни сарадник. Анализом научне активности кандидата и објављених научних резултата, Комисија је закључила да научноистраживачки рад др Ивана Трапарића представља оригинални допринос истраживањима у области физике јонизованог гаса и плазме. Кандидат је учествовао на више међународних скупова и публиковао радове у признатим међународним часописима.

На основу презентованог материјала и познавајући научноистраживачки рад кандидата, Комисија сматра да кандидат испуњава све квантитативне и квалитативне услове предвиђене Законом о науци и истраживањима и Правилником о стицању истраживачких и научних звања Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије за избор у звање научни сарадник. Стога, Комисија предлаже Научном већу Института за физику у Београду да донесе одлуку о прихватању предлога за избор др Ивана Трапарића у звање научни сарадник.

У Београду,

28.11.2024. године

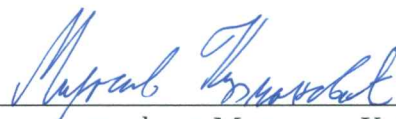
Чланови комисије:



др Миливоје Ивковић  
научни саветник  
Институт за физику у Београду



др Биљана Станковић  
научни сарадник  
Институт за физику у Београду



проф. др Мирослав Кузмановић  
редовни професор  
Факултет за физичку хемију Универзитета у Београду