

Научном већу Института за физику Универзитета у Београду

Извештај комисије за реизбор др Саше Ћирковића у звање научни сарадник

На основу захтева који је др Саша Ћирковић поднео 23. августа 2022. године Научно веће Института за физику у Београду именовало нас је у Комисију за реизбор др Саше Ћирковића у звање научни сарадник.

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

1. Биографски подаци о кандидату

Др Саша Ћирковић је рођен 11. маја 1961. године у Ваљево. Основну школу завршио је у Косјерићу, а гимназију у Ужицу. Целокупно академско звање стекао је на Електротехничком факултету у Београду. Дипломирао је у јануару 1989. године на Одсеку за техничку физику, смер физика материјала. Јануара 2001. год. одбранио је магистарски рад под насловом „Мерење и израчунавање изохроних магнетских поља Циклотрона ВИНСИ”. Докторску дисертацију под насловом „Одређивање оперативног магнетног поља и оперативног дијаграма вишенаменог циклотрона“ одбранио је у децембру 2009. године.

Научно-истраживачким радом бави се од јуна 1991. год. када је из Е1 Рупин-ГТЕ прешао у Лабораторију за физику (010) Института “Винча” где учествује у пројектовању и изградњи магнетске структуре Циклотрона ВИНСИ у оквиру Акцелераторске инсталације Тесла. Ангажован је на пословима прорачуна и мерења магнетског поља циклотрона ВИНСИ. У оквиру научно-истраживачке сарадње Лабораторије за физику (010) Института “Винча” и Лабораторије за нуклеарне реакције Обједињеног института за нуклеарна истраживања, у Дубни, у Русији, више пута је био на студијском боравку у Русији у укупном трајању од 6 месеци.

По престанку финансирања изградње Акцелераторске инсталације Тесла наставља да се бави магнетским пољем у оквиру сарадње са Медецинским факултетом у Београду. Резултат те вишегодишње сарадње је већи број радова у врхунским часописима о утицају магнетског поља на живе организме. У Иновационом центру Електротехничког факултета ради од јануара 2013. год. до новембра 2014. год. када прелази у Институт за физику. Тренутно је запослен у Лабораторији за истраживања у области електронских материјала. Јуна 2001. год. изабран је у звање истраживач сарадник. Звање научни сарадник стекао је у мају 2010. године, а последњи пут је реизбран крајем фебруара 2018.

2. Преглед научне активности кандидата

У Лабораторији за физику (010) Института “Винча” др Саша Ђирковић се бавио акцелераторском физиком и њеном применом у изградњи Акцелераторске инсталације ТЕСЛА. Радио је у групи за магнетско поље и у групи за динамику јонског снопа на пројектовању и изохронизацији феромагнетне структуре Циклотрона ВИНСИ, пројектовању система за мапирање магнетског поља, пројектовању инјекционог, акцелерационог и екстракционог региона циклотрона. Добијање различитих изохроних магнетских поља, у зависности од специфичног наелектрисања јона, је неопходан услов за успешно увођење, убрзавање и извођење јона из циклотрона. Наиме Циклотрон ВИНСИ је вишенаменска машина пројектована за убрзавање јона специфичног наелектрисања од $\eta = 0,15$ до 1. Кандидат је користећи 3D програмски пакет Mermaid за прорачун магнетског поља успешно дефинисао облик сектора, тзв. шимовање сектора, за убрзавање јона специфичног наелектрисања $\eta = 0,5$ у изохроном магнетском пољу циклотрона добијеном побудом феромагнетске структуре са горе наведеним секторима само струјом из главних калемова. Направио је софтверски пакет за израчунавање оперативних магнетских поља и дефинисање оперативног дијаграма циклотрона што у суштини значи тачно одређивање струје главних намотаја и десет струја трим-калемова којима се побуђује феромагнетска структура Циклотрона ВИНСИ и добијају одговарајућа изохрона магнетска поља са прецизношћу од 10^{-4} Т и убрзавају одговарајући јони различитог специфичног наелектрисања. Осим тога, кандидат је израдио софтвер за анализу магнетских поља и учествовао на пројектовању канала за модификацију материјала са додатно убрзаним или успореним вишенаелектрисаним јонским сноповима.

Од одласка из Института „Винча“ поред истраживања из области акцелераторске физике ангажован је и у области биоинжењерства. Учествоје у пројектовању и оптимизацији два уређаја, радиофреквентног еквивалентно наелектрисаног квадрупола и магнета са декуплованим комбинованим функцијама, чија примена није ограничена на циклотронске инсталације већ су намењени употреби у транспортним линијама и других типова акцелератора. У области биоинжењерства бави се утицајем електромагнетског зрачења на живи свет као и пројектовањем и оптимизацијом одговарајућих експерименталних уређаја, експерименталним истраживањима са статичким магнетским пољем и електромагнетским пољем екстремно ниских учестаности. Значајан је његов допринос у пројектовању, прорачуну и модификацији соленоида у циљу добијања одговарајуће, просторно променљиве експерименталне запремине за експерименте како *in vivo*, тако *in vitro* са довољно јаким електромагнетским пољем хомогености скоро 11 пута боље него код обичног соленоида.

Иако формално правно није, ипак кандидат је де факто био ментор на изради докторске дисертације др Славице Гајић *Пројектовање, метеоролошка анализа и оптимизација соленоида у сврху хомогенизације електромагнетског поља за биомедицинске експерименте* одбрањене 17. децембра 2021. на Факултету техничких наука у Новом Саду.

У оквиру сарадње са Медицинским факултетом у Београду написао је поглавље о биомедицинским применама магнетних оксида у тематском зборнику водећег међународног значаја *Magnetic, Ferroelectric, and Multiferroic Metal Oxides* у издању Elsevier-a.

Др Саша Ћирковић је био више пута рецензент радова у међународним часописима *IEEE Transactions on Nuclear Science, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A* и *Nuclear Technology & Radiation Protection*.

3. Елементи за квалитативну оцену научног доприноса кандидата

3.1 Квалитет научних резултата

3.1.1. Научни ниво и значај резултата, утицај научних радова

У свом досадашњем раду кандидат је остварио научни допринос у области акцелераторске физике и у мултидисциплинарним истраживањима о утицају електромагнетног поља на живи свет. Од 27 радова категорије M_{20} кандидат је објавио 3 рада категорије M_{21A} , 15 радова категорије M_{21} , 3 рада категорије M_{22} , 2 рада категорије M_{23} и 4 рада категорије M_{24} . Такође, треба истаћи да је кандидат коаутор једног патента категорије M_{92} и четири техничка решења из категорије M_{80} . Од последњег избора у звање научни сарадник кандидат је објавио 1 рад категорије M_{13} , 3 рада категорије M_{21A} , 12 радова категорије M_{21} , 3 рада категорије M_{22} , по један рад из категорија M_{23} и M_{52} , два рада из категорије M_{33} , седам радова из категорије M_{34} и једно техничко решење M_{84} . С друге стране од последњег реизбора у поменуто звање објавио је 1 рад категорије M_{13} , 2 рада категорије M_{21A} , 3 рада категорије M_{21} , 2 рада категорије M_{22} , један рад из категорије M_{23} , и 3 рада категорије M_{34} .

Из области акцелераторске физике Комисија издваја два рада категорије M_{21} објављена у часопису *IEEE Transactions on Nuclear Science*:

Saša Ćirković, Jasna L. Ristić-Djurović, Andjelija Ž. Ilić, *Member, IEEE*, Velibor Vujović, and Nebojša Nešković, “Comparative analysis of methods for isochronous magnetic field calculation,” *IEEE Transactions on Nuclear Science*, Dec. 2008, vol. 55, no. 6, part 2, pp. 3531–3538. (ISSN: 0018-9499, DOI (identifier)10.1109/TNS.2008.2005498)

Saša Ćirković, Jasna L. Ristić-Djurović, Alexey S. Vorozhtsov, Andjelija Ž. Ilić, *Member, IEEE*, and Nebojša Nešković, “Method for fine magnet shaping in cyclotrons,” *IEEE Transactions on Nuclear Science*, Oct. 2009, vol. 56, issue 5, part 2, pp. 2821–2827. (ISSN: 0018-9499, DOI (identifier)10.1109/TNS.2009.2027235)

У првом раду кандидат је за израчунавање изохроног магнетног поља користио две своје нове методе и показао предности у односу на већ устаљену тзв. Гордонову процедуру којом су израчунавана изохрона магнетска поља почев од осамдесетих година прошлог века. Изохронизам ових нових метода се показао бољи и од

изохронизма модификоване Гордонове процедуре коју је сам кандидат побољшао. Поред изохронизма као стандардног критеријума квалитета уведена је и остваривост, односно могућност реализације израчунатог поља у реалном акцелератору, као додатни критеријум за процену квалитета израчунатих изохроних поља. Осим овога, нова метода за фино обликовање полова циклотронског магнета, приказана у другом раду је не само бржа и ефикаснија од досадашњих метода, него је за разлику од њих сасвим одређена и применљива на све типове обликовања полова циклотрона различитих врста.

Из области утицаја статичког и споро променљивог електромагнетског поља на живи свет најзначајнији радови су:

Jasna. L. Ristić-Djurović, Slavica S. Gajić, *Student Member, IEEE*, Andjelija Ž. Ilić, *Member, IEEE*, Nebojša Romčević, Drago M. Djordjevich, Silvio R. De Luka, Alexander M. Trbovich, Vesna Spasić Jokić, and **Saša Ćirković**, “Design and Optimization of Electromagnets for Biomedical Experiments With Static Magnetic and ELF Electromagnetic Fields,” *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, June 2018, Vol. 65, No. 6, pp. 4991–5000. (ISSN: 0278-0046, DOI (identifier) 10.1109/TIE.2017.2772158)

Ivan D. Milovanovich, **Saša Ćirković**, Silvio R. De Luka, Drago M. Djordjevich, Andjelija Ž. Ilić, Tamara Popović, Aleksandra Arsić, Danilo D. Obradović, Dejan Oprić, Jasna L. Ristić-Djurović, and Alexander M. Trbovich, “Homogeneous Static Magnetic Field of Different Orientation Induces Biological Changes in Subcutely Exposed Mice,” *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 23, No. 2, pp. 1584–1597, Jan 2016, ISSN: 0944-1344 DOI: 10.1007/s11356-015-5109-z. IF=2.828, 54/221 Environmental Sciences.

У првом раду из ове области кандидат је пројектовао и прорачунавао облик, положај, величину и изводљивост додатних навоја соленоида како би обезбедио што већу просторну хомогеност магнетског поља у унутрашњости соленоида. Модификацијом соленоида смањена је до 10 пута променљивост поља унутар њега. Такође, једна од вредности овога рада је могућност скалирања, тј. могуће је направити оптимални соленоид од најмањих до највећих димензија са тачно дефинисаном дужином и дебљином главних и помоћних намотаја уз задовољење минималне потрошње електричне енергије. Резултати прорачуна потврђени су мерењем на прототипу модификованог соленоида са додатним намотајима у чијој изради је кандидат лично учествовао, а што је био неопходан услов за публикавање у часопису *IEEE Transactions on Industrial Electronics* високог импакт фактора $IF=7.168$, 12/262 у области *Engineering, Electrical & Electronic*. Рад је цитиран без самоцитата свих аутора 11 пута.

Резултати из другог рада из мултидисциплинарне области на коме кандидат дели прво ауторство имају веома велики значај јер указују, не само да магнетно поље утиче на хематолошке параметре код мишева, него да утицај зависи и од оријентације статичког магнетног поља. У склопу овог рада кандидат је морао да прорачуна струје главних и трим намотаја да би обезбедио високу хомогеност и одговарајућу јачину магнетског

поља у одређеној области долине Циклотрона ВИНСИ за позиционирање кавеза са мишевима. У ту сврху је користио сопствене програмске пакете за прорачун изохроног магнетског поља. Рад је цитиран без самоцитата свих аутора 18 пута.

3.1.2 Параметри квалитета радова и часописа

Кандидат др Саша Ћирковић је до сада објавио 3 рада категорије M_{21A} , 15 радова категорије M_{21} , 3 рада категорије M_{22} , 2 рада категорије M_{23} и 4 рада категорије M_{24} .

У категорији M_{21A} објавио је 2018. године рад у часопису *IEEE Transactions on Industrial Electronics* $IF = 7.168$, а $SNIP = 3.18$ у области Engineering, Electrical & Electronic и спада у првих 14 од 266 часописа. Друга два рада из исте категорије публиковани су у часопису *International Journal of Radiation Biology* 2016. и 2018. године са импакт факторима 1.93 и 1.88 ($SNIP = 0.75$ и 0.76) респективно.

Од 15 радова у категорији M_{21} 9 радова је објављено у часопису *IEEE Transactions on Nuclear Science* са импакт фактором 2.518 (2009); 1.497 (2008); 1.455 (2012. и 2013). Одговарајуће $SNIP$ вредности су 1.48; 1.43; 1.44 и 1.56.

3.1.3 Позитивна цитираност научних радова кандидата

Према подацима из базе SCOPUS др Саша Ћирковић је цитиран 182 пута, од чега без само цитата свих аутора 96 пута. Хиршов индекс је $h = 6$ ако се изузму сви аутоцитати, а $h = 8$ ако се узму у обзир сви цитати.

3.1.4 Додатни библиометријски показатељи

Табела библиометријских показатеља:

	IF	M	SNIP
Укупно	49.478	145.628	29.160
Усредњено по чланку	2.249	6.619	1.325
Усредњено по аутору	0.952	2.801	0.561

3.1.5 Међународна сарадња

Своју научну каријеру др Саша Ћирковић је започео, и највећи део провео, као члан тима који је градио Акцелераторску инсталацију ТЕСЛА бавећи се прорачуном, мерењем и обрадом резултата мерења изохроног магнетног поља. Током тог периода успостављена је веома чврста међународна научна сарадња са Лабораторијом нуклеарних реакција и Лабораторијом нуклеарних проблема Обједињеног института за нуклеарна истраживања у Дубни, у Русији. Сарадња се одвијала како у Дубни, тако и у Београду, а кандидат је у том периоду укупно провео око пола године у Русији. Поред већег броја дво- и једно-недељног боравка у Дубни, др Саша Ћирковић је најдуже провео три, односно месец дана.

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

Кандидат показује велику самосталност у раду као и тимски дух приликом реализације радова како са колегама из исте и сродних области, тако и са колегама из других области. Добитник је захвалнице за дугогодишњу сарадњу и публикавање већег броја радова са професорима Медицинског факултета Универзитета у Београду.

3.2 Нормирање броја коауторских радова, патената и техничких решења

У мултидисциплинарним областима су спојене, на први поглед, неспојиве групе истраживача. Директна последица тога су публиковани радови са великим бројем аутора.

Од последњег реизбора у фебруару 2018. године кандидат је са колегама са Медицинског факултета објавио један рад из категорије M_{13} , који није нормиран и 2 рада категорије M_{21A} , који нормирано имају укупно 13,393 бодова. Од 3 рада категорије M_{21} два рада су нормирана, а један није са укупним бројем бодова 19,67. У категорији M_{22} кандидат је публиковао два експериментална рада са шест, односно седам коаутора тј. радови нису нормирани. Један рад из категорије M_{23} је нормиран; 1,875 бодова.

3.3 Учешће у пројектима, потпројектима и пројектним задацима

Кандидат је више од двадесет година учествовао у изградњи Циклотрона ВИНСИ у склопу Акцелераторске инсталације Тесла која се градила у Институту за нуклеарне науке Винча. У оквиру феромагнетске структуре Циклотрона ВИНСИ руководио је са два веома важна и одговорна пројектна задатка:

- Мерење магнетног поља у процесу изохронизације и шимовања магнета Циклотрона Винси;
- Мапирање магнетног поља Циклотрона ВИНСИ.

У процесу изохронизације и шимовања магнета потребно је остварити магнетно поље са прецизношћу од 10^{-4} Т, тј реда *gauss*-а у пољу интезитета од 1,2 до 2,7 Т у зависности од јачине побудне струје главних калемова. С друге стране мерење магнетног поља је од круцијалне важности за изохронизацију магнета и представља последњи корак у процесу шимовања магнета који потврђује или демантује резултате прорачуна магнетног поља, коначни профил, машинску обраду и монтажу сектора циклотрона. Овде посебно треба истаћи допринос кандидата у откривању и минимизацији утицаја систематске грешке мерења мерног система која је приказана у раду *Minimization of the Measurement Errors Induced by the Cyclotron Magnetic Field Measurement System*, категорије M_{21} .

По престанку финансирања изградње АИ Тесла кандидат је учествовао на пројектима Физика и хемија са јонским сноповима, број П45006 и Оптиелектронски нанодимензиони системи – пут ка примени, број П 45003 Министарства науке, просвете и технолошког развоја. Кандидат је учествовао и на пројекту *Continuous inactivation and removal of SARS-CoV-2 in indoor air by ionization* финансираног од Фонда за науку Републике Србије.

3.4 Утицај научних резултата

Значај научних резултата кандидата се види пре свега кроз његову цитираност како у области акцелератоске физике и технологија тако и у мултидисциплинарним областима. Кандидат је цитиран 96 пута без самоцитата свих аутора и то је већ наведено у тачки 3.1.3.

3.5 Конкретан допринос кандидата у реализацији радова у научним центрима у земљи и иностранству

У поглављу 3.1.1 већ је речено о конкретном доприносу кандидата у четири његова најзначајнија рада. Др Саша Ћирковић као коаутор у свим акцелераторским радовима дао је кључан допринос генеришући одговарајуће изохроне мапе магнетског поља неопходне за прорачун динамике јонских снопова, како у циклотрону тако и у другим акцелераторским уређајима. С друге стране у мултидисциплинарним радовима кандидат је осим прорачуна одговарајућих магнетских поља морао и да обезбеди иста ради извођења експеримената. Такође, учествовао је у дискусији резултата, писању радова, комуникацији са рецензентима и едиторима.

3.6 Активност у научним и научно-стручним друштвима

3.6.1 Рецензије научних радова

Кандидат је више пута био рецензент у два водећа међународна часописа у области нуклеарних наука, као и часопису категорије M₂₄ из исте области:

- *IEEE Transactions on Nuclear Sciences*, ISSN 0018-9499
- *Nuclear Instruments and Methods in Physics, Section A*, ISSN 0168-9002
- *Nuclear Technology & Radiation Protection Journal*

3.6 2 Организација научних скупова

Током изградње Акцелераторске инсталације Тесла високо стручан међународни комитет *TESLA Advisory Committee* је надзирао, оцењивао изградњу, као и давао препоруке за даљу изградњу инсталације. У том периоду је организовано више од петнаест Информационих састанака међународног комитета са члановима тзв. Тесла тима. Кандидат је учествовао у организацији ових састанака.

3.6.3 Предавања по позиву на међународним конференцијама

Др Саша Ћирковић је коаутор једног предавања по позиву на Шестој међународној конференцији Нуклеарног друштва Србије:

J.L. Ristić-Djurović, S. Ćirković, A.Ž. Ilić, Đ. Košutić and N. Nešković, "Some Contributions of the TESLA Team to Accelerator Physics and Technologies", invited paper IP.C1., Book of Abstracts of CoNuSS 2008, September 22-25, 2008, pp. 25-26.

4. Елементи за квантитативну оцену научног доприноса кандидата

У табели су сумарно квантитативно приказани сви радови које је др Саша Ћирковић публиковао од претходног избора у звање научни сарадник:

Категорија	Број бодова по раду	Број радова	Укупан број бодова
M13	7	1	7
M21a	10	3	30 (19,64)*
M21	8	12	96 (85,11)*
M22	5	3	15
M23	3	1	3 (1,875)*
M33	1	1	1 (0,96)*
M34	0,5	7	3,5 (3,204)*
M52	1,5	1	1,5
M84	3	1	3

* нормирани бодови

Поређење са минималним квантитативним условима за избор у звање научни сарадник:

Критеријуми за звање Научни сарадник	Укупно	Неопходно	Остварено	Остварено (нормир.)
			16	158
M10+M20+M31+M32+M33+M41+M42 \geq		10	155	132,29
M11+M12+M21+M22+M23 \geq		6	144	121,63

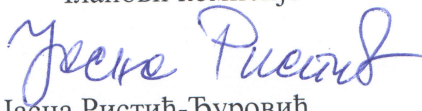

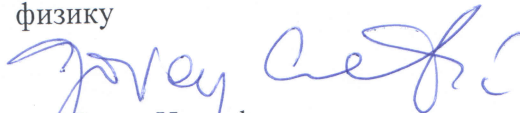
5. Закључак и предлог

У периоду од избора у звање научни сарадник др Саша Ћирковић бавио се научним радом у области акцелераторске физике и биофизике и то управљањем јонским сноповима уз помоћ магнетног и електромагнетног поља односно утицајем статичког магнетног поља на живи свет. Аутор је програмског пакета ВИНМАГ – за анализу и израчунавање магнетног поља. Од низа програмских пакета који су се користили у пројектовању Циклотрона ВИНСИ ово је један од само два домаћа. Учествовао је у пројектовању једнако наелектрисаног електростатичког квадрупола и електромагнета са комбинованом фокусирајућом и скретном функцијом, као и дизајнирању и модификацији соленоида којим је постигнута скоро 10 пута боља просторна хомогеност магнетског поља. Објавио је преко 90 радова у међународним и домаћим часописима и на конференцијама. Од последњег реизбора у звање научни сарадник објавио је 1 рад категорије M_{13} , 2 рада категорије M_{21A} , 3 рада категорије M_{21} , 2 рада категорије M_{22} , 1 рад из категорије M_{23} , и 3 рада категорије M_{34} . Рецензент је у два врхунска међународна часописа. Има један патент, коаутор је једног предавања по позиву и цитиран је 96 пута без само цитата свих аутора. Хиршов индекс је $h = 6$ ако се изузму сви аутоцитати. Кандидат је де факто био ментор на изради докторске дисертације др Славице Гајић *Пројектовање, метеоролошка анализа и оптимизација соленоида у сврху хомогенизације електромагнетског поља за биомедицинске експерименте* одбрањене 17. децембра 2021. на Факултету техничких наука у Новом Саду. Руководио је извршењем два пројектна задатка на пројекту Министарства.

На основу квантитативне и квалитативне анализе укупног научног доприноса др Саше Ћирковића, Комисија сматра да је кандидат испунио како квантитативне тако и квалитативне услове за реизбор у научно звање **научни сарадник**.

У Београду, 22. септембра 2022.

Чланови комисије

- 
1. др Јасна Ристић-Ђуровић
научни саветник, Институт за физику
- 
2. др Јелена Трајић
виши научни сарадник, Институт за физику
- 
3. др Јован Цветић
редовни професор, Електротехнички факултет