

Научном већу Института за физику у Београду

## Предлог за Студентску награду Института за физику у Београду

Поштовани,

Са великим задовољством предлажем др Стефана Стојку за студентску награду за најбољу докторску дисертацију урађену у Институту за физику. Стефан Стојку је докторску дисертацију под називом “Properties of Quark-Gluon Plasma Inferred from High-pt Data” („Одређивање особина кварк-глуонске плазме помоћу високоенергијских честица”) одбранио на Физичком факултету у Београду 22. децембра 2023. под мојим менторством. Ужа научна област дисертације је физика високих енергија и нуклеарна физика.

У дисертацији су представљени резултати пет радова објављених у међународним часописима (четири рада у часописима категорије M21 и једно саопштење са конференције у часопису категорије M23, укупног ИФ 15.41). Од тога је на четири рада Стефан Стојку био први аутор, а на једном други аутор. Додатно, др Стефан Стојку је у оквиру мастер рада одјавио један рад у часопису категорије M21 на којем је и први аутор. Коаутор је и на једном M21 раду из рачунске биологије COVID-19 прогресије у популацији, при чему је рад представљен на насловници часописа. Додатно, има и једно саопштење са конференције категорије M22.

Др Стефан Стојку је био ангажован на следећим пројектима:

1. ERC-2016-CoG:725741 („A novel Quark-Gluon Plasma tomography tool: from jet quenching to exploring the extreme medium properties”).
2. Пројекту основних истраживања Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије ОИ 171004 („ATLAS експеримент и физика честица на LHC енергијама”) у Лабораторији за физику високих енергија Института за физику у Београду.

Током рада на Институту за физику, др Стефан Стојку је показао способност самосталног рада и истраживања. Учествовао је у развоју нумеричког модела DREENA помоћу којег је могуће ефикасно израчунати теоријска предвиђања опсервабли везаних за кварк-глуонску плазму (КГП) која настаје у ултрарелативистичким сударима тешких јона. Генерисао је велику количину предвиђања, и по први пут, користио предвиђања високоенергијских

честица у кварк-глуонској плазми за одређивање важних особина овог новог стања материје. Показао је да високоенергијске честице представљају кључан допринос у даљем ограничавању параметара КГП и предложио више метода и опсервабли за боље одређивање особина овог стања материје. Осим нумеричких метода, др Стојку је изводио и аналитичке прорачуне, посебно у последњем одељку дисертације, где су изрази за радијативни спектар израченог глуона у кварк-глуонској плазми експлицитно изведени до четвртог реда у развоју по броју центара расејања. Добијене комплексне и високоосцилаторне изразе је затим успешно имплементирао у нумерички метод ради добијања теоријских предвиђања опсервабли до четвртог реда по броју центара расејања, што представља важан допринос области.

Др Стефан Стојку је презентовао резултате истраживања на бројним међународним скуповима у облику 11 усмених и 3 постер презентације. Резултате презентује јасно и концизно, и 2022. године је добио награду за најбољи постер на највећој и најважнијој конференцији у области проучавања кварк-глуонске плазме, Quark Matter 2022.

Имајући у виду постигнуте резултате и њихов значај за научни развој Института за физику у Београду, велико ми је задовољство да предложим др Стефана Стојку за Студентску награду Института за физику у Београду.

У Београду,

01.04.2024. године



др Магдалена Ђорђевић,

научни саветник Института за физику

## БИОГРАФСКИ И СТРУЧНИ ПОДАЦИ

Стефан Стојку је рођен 15. априла 1994. године у Панчеву, где је похађао гимназију „Урош Предић“, коју је завршио као добитник Вукове дипломе. Године 2012. уписао је основне академске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду, смер: Теоријска и експериментална физика, и дипломирао 2018. године са просечном оценом 9,82/10,00. Током студија, од јуна до септембра 2016. године, учествовао је у ЦЕРН-овој Летњој школи, где је радио у оквиру групе за теоријску физику (CERN Lattice Gauge Theory Group). У октобру 2018. године уписао је мастер академске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду, и завршио их у јулу 2019. године (просечна оцена: 9,67/10,00), када је одбранио свој мастер рад: „Одређивање фактора пропорционалности температурске зависности губитака енергије у кварк-глуонској плазми из експерименталних података“. Истраживање за његов мастер рад спроведено је под менторством др Магдалене Ђорђевић и касније објављено као чланак у часопису *Physical Review C* 103, 024908, 2021.

У новембру 2019. године, уписао је докторске академске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду из уже научне области: физика високих енергија и нуклеарна физика под менторством др Магдалене Ђорђевић. Стефан Стојку је од 01.10.2018. до 31.08.2023. био ангажован на пројекту ERC-2016-CoG:725741 („A novel Quark-Gluon Plasma tomography tool: from jet quenching to exploring the extreme medium properties“), а од 18.12.2019. запослен је на Институту за физику као истраживач приправник. Био је ангажован и на пројекту основних истраживања Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије ОИ 171004 („ATLAS експеримент и физика честица на ЛНС енергијама“) у Лабораторији за физику високих енергија Института за физику у Београду. На Колегијуму докторских студија Физичког факултета Универзитета у Београду одржаном 01.12.2021. године одбранио је тему докторске дисертације под насловом „Properties of Quark-Gluon Plasma Inferred from High- $p_{\perp}$  Data“ (на српском језику: „Одређивање особина кварк-глуонске плазме помоћу високоенергијских честица“), а за ментора је одређена др Магдалена Ђорђевић, научни саветник. Након одбране теме докторске дисертације изабран је у звање истраживач сарадник.

Докторску дисертацију је одбранио 22.12.2023. под менторством др Магдалене Ђорђевић.

Током последипломских студија, др Стефан Стојку је објавио пет истраживачких радова из области физике високих енергија (категорије M21) и један рад из области квантитативне биологије (категорије M21), средњег ИФ 3.88. Др Стојку је објавио и два саопшења са конференција у часописима категорије M22 и M23. Његови радови су цитирани 29 пута без аутоцитата по бази SCOPUS (h-index 4), а требало би да буду цитирани 33 пута без аутоцитата, јер грешком (која је у процесу исправљања у SCOPUS-у) недостаје његов Phys.Lett.B рад у овој бази. Радови су цитирани 63 пута по бази Google Scholar.

## ПРЕГЛЕД НАУЧНЕ АКТИВНОСТИ

Примарно истраживање Стефана Стојку је у области теоријског проучавања кварк-глуонске плазме (КГП). У релативистичким сударима тешких јона, 99.9% чине нискоенергијске честице. Преосталих 0.1% чине цетови, који су због своје високе енергије изузетно корисне за анализу карактеристика КГП путем томографије. Циљ истраживања др Стефана Стојку је био да се искористе губици енергије цетова као средство за квантитативно мапирање параметара средине КГП, комбинујући (релативистичке) хидродинамичке моделе еволуције КГП са теоријским предвиђањима губитака енергије цетова. Предвиђања се затим упоређују са експерименталним подацима, у циљу утврђивања особина КГП које су у сагласности са обе врсте честица. У оквиру овог циља, Стефан Стојку је користио претходно развијен DREENA (Dynamical Radiative and Elastic ENergy loss Approach) модел, а дао је и значајан допринос побољшању самог модела.

Конкретно, Стефан Стојку је успешно радио на више тема у оквиру овог истраживања. У оквиру мастер рада, одредио је зависност губитака енергије високоенергијских честица у КГП од температуре. Након тога, i) развио је метод и предложио прву експерименталну опсерваблу за одређивање просторне анизотропије КГП из високоенергијских података, ii) систематски је проучио време термализације и рани стадијум еволуције КГП. Дао је и значајан допринос побољшању DREENA модела кроз имплементацију процеса са вишеструким центрима расејања високоенергијских честица у медијуму, што је био изузетно нетривијалан аналитички и нумерички проблем, који је Стефан успешно савладао.

Резултати везани за одређивање температурске зависности губитака енергије високоенергијских честица у КГП чине део његовог мастер рада, а објављени су у Phys. Rev. C **103**, 024908, раду на којем је Стефан Стојку први аутор. У овом раду је помоћу аналитичких аргумената утврђено коју опсерваблу је могуће употребити за одређивање ове температурске зависности. Затим су вредности ове опсервабле израчунате у оквиру DREENA-C модела, и одређено је да је зависност губитака енергије високоенергијских честица од температуре скоро линеарна, што је у супротности са другим (једноставнијим) моделима, и у складу са мноштвом експерименталних података.

Стефан Стојку се даље бавио проучавањем раних стадијума еволуције кварк-глуонске плазме, односно, еволуције пре почетног тренутка примене релативистичке хидродинамике за опис КГП. У првој фази овог истраживања је испитао време термализације кварк-глуонске плазме. Ово је изведено тако што је генерисано више температурских профила са различитим временима термализације, а затим су у оквиру DREENA-A модела на овим профилима израчуната превиђања за високоенергијске опсервабле, које су затим упоређене са експерименталним подацима. Даље истраживање иде у смеру имплементације нетривијалне еволуције КГП пре термализације, у складу са

савременим описом еволуције КГП. Резултати су објављени у *Physical Review C Letters* (PRC **105**, L021901, 2022).

Први резултати везани за проучавање анизотропије КГП су објављени у *Physical Review C Rapid Communications* (PRC **100**, 031901(R), 2019). У овом раду, др Стојку је испитао да ли је, и на који начин, могуће довести у везу високоенергијске податке са просторном анизотропијом КГП. Помоћу једноставних закона скалирања и аналитичких аргумената који су оправдани у оквиру поједностављеног модела DREENA-B, предложено је за коју високоенергијску опсерваблу се очекује да је у вези са просторном анизотропијом кварк-глуонске плазме. Даље истраживање наставио је коришћењем модела DREENA-A, где се КГП симулира помоћу софистицираних 3+1-димензионих хидродинамичких еволуција. Опсервабла која се повезује са просторном анизотропијом у моделу DREENA-B, израчуната је у DREENA-A моделу и потврђено је да се заиста може повезати са анизотропијом КГП. У оквиру овог истраживања, др Стојку је предложио прву експерименталну опсерваблу за одређивање просторне анизотропије КГП из високоенергијских података. Резултати овог истраживања објављени су у *Physics Letters B* **835**, 137501 (2022).

Стефан Стојку се такође бавио побољшањем модела DREENA, кроз имплементацију вишеструких центара расејања у КГП. Наиме, већина модела укључује радијативне губитке енергије након расејања на једном или бесконачно центара расејања. Ниједна од ових апроксимација није реалистична, те је Стефан Стојку у оквиру свог истраживања аналитички извео изразе за радијативни спектар глуона до четвртог реда по броју центара расејања, а затим овај резултат нумерички имплементирао у DREENA модел, што је био изизетно захтеван аналитички и нумерички проблем. Изненађујуће, нумерички је одређено да је за енергије доступне у сударачима тешких јона довољно користити апроксимацију једног центра расејања, што је важан и оригиналан допринос области. Резултати овог истраживања су објављени у *Physical Review C* **108**, 044905 (2023).

Искуство из нумеричке анализе података је применио и у квантитативној биологији, на проблему ширења епидемије под условима строгих мера контроле (нпр. социјалне дистанце). Резултати овог истраживања су објављени у *Global Challenges* **5**, 2000101 (2021) раду, а рад је представљен на насловници часописа.

Представио је своје резултате на бројним међународним конференцијама и радионицама у облику 11 усмених и 3 постер презентације. Освојио је награду за најбољу постер-презентацију на Међународној конференцији посвећеној ултрарелатистичким сударима тешких јона „Quark Matter 2022“, највећој и најзначајнијој конференцији у области. Ова конференција је одржана од 4. до 10. априла у Кракову, Пољска, и тада је као део награде др Стојку презентовао своје резултате у облику кратког пленарног предавања на конференцији.

## СПИСАК ОБЈАВЉЕНИХ РАДОВА

### Радови објављени у врхунским међународним часописима (M21):

1. **Stefan Stojku**, Bojana Ilic, Igor Salom, Magdalena Djordjevic, *Importance of higher orders in opacity in QGP tomography*, Physical Review C **108**, 044905 (2023) (ISSN: 2469-9985, IF = 3.30)
2. **Stefan Stojku**, Jussi Auvinen, Marko Djordjevic, Pasi Huovinen, and Magdalena Djordjevic, *Early evolution constrained by high- $p_{\perp}$  quark-gluon plasma tomography*, Physical Review C **105**, L021901 (2022) (ISSN: 2469-9985, IF = 3.30)
3. **Stefan Stojku**, Jussi Auvinen, Lidija Zivkovic, Pasi Huovinen, Magdalena Djordjevic, *Jet-perceived anisotropy revealed through high- $p_{\perp}$  data*, Physics Letters B **835**, 137501 (2022) (ISSN: 0370-2693, IF = 4.95)
4. **Stefan Stojku**, Bojana Ilic, Marko Djordjevic, and Magdalena Djordjevic, *Extracting the temperature dependence in high- $p_{\perp}$  particle energy loss*, Physical Review C **103**, 024908 (2021) (ISSN: 2469-9985, IF = 3.30)
5. Magdalena Djordjevic, Marko Djordjevic, Bojana Ilic, **Stefan Stojku**, Igor Salom, *Understanding Infection Progression under Strong Control Measures through Universal COVID-19 Growth Signatures*. Global Challenges **5**, 2000101 (2021) (ISSN: 2056-6646; IF = 5.14, представљено на насловници часописа)
6. Magdalena Djordjevic, **Stefan Stojku**, Marko Djordjevic, and Pasi Huovinen, *Shape of the quark gluon plasma droplet reflected in the high- $p_{\perp}$  data*, Physical Review C **100**, 031901(R) (2019) (ISSN: 2469-9985, IF = 3.30)

### Саопштење са конференције објављено у специјалном издању часописа категорије M22:

1. Magdalena Djordjevic, **Stefan Stojku**, Dusan Zigic, Bojana Ilic, Jussi Auvinen, Igor Salom, Marko Djordjevic and Pasi Huovinen, *From high- $p_{\perp}$  theory and data to inferring anisotropy of Quark-Gluon Plasma*, Nucl. Phys. A **1005**, 121900 (2021) (ISSN: 0375-9474, IF = 1.70)

### Саопштење са конференције објављено у специјалном издању часописа категорије M23:

1. **Stefan Stojku**, Jussi Auvinen, Marko Djordjevic, Magdalena Djordjevic, Pasi Huovinen, *Initial Time  $\tau_0$  Constrained by High- $p_{\perp}$  Data*, Acta Phys. Pol. B Proc. Suppl. **16**, 1-A156 (2023) (ISSN: 0587-4254, IF = 0.56)

### Докторска дисертација (M70):

**С. Стојку**, “Properties of Quark-Gluon Plasma Inferred from High-pt Data” („Одређивање особина кварк-глуонске плазме помоћу високоенергијских честица”), Физички факултет (2023)