

НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ У БЕОГРАДУ

На редовној седници Научног већа Института за физику у Београду одржаној 18. јула 2017. изабрани смо за чланове комисије за реизбор Предрага Ћирковића у звање истраживач сарадник. На основу увида у достављени материјал и личног познавања кандидата, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

Биографски подаци

Предраг Ћирковић је рођен 1984. у Кикинди, Република Србија. Основне студије уписао је 2003. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на одсеку за електронику, а дипломирао је 2008. са просечном оценом 8.07 и оценом 10 за одбрану дипломског рада на тему „Асемблерски преводац за 16-битни RISC процесор харвардске архитектуре“. Мастер студије завршио је на истом факултету 2009. године са просечном оценом 10 и радом „Софтверски контролисани дигитални FM модулатор“. Новембра 2010. године уписао је докторске студије на Физичком факултету Универзитета у Београду, смер физика језгара и честица, где је положио све предвиђене испите. У фебруару 2016. прихваћена је тема његове докторске дисертације „Проучавање продукције Хигс бозона придруженог пару топ кваркова у експерименту CMS у CERN-у“ („Studies of Higgs boson production associated to a top quark pair in the CMS experiment at CERN“). Одбрана докторске дисертације очекује се у наредних неколико месеци. Од 1. априла 2010. године био је запослен у Лабораторији за физику Института за нуклеарне науке „Винча“, а од 1. септембра 2013. године запослен је у Институту за физику у Београду. Звање истраживач сарадник стекао је 05. маја 2011. године. Ангажован је на пројекту ОИ171019 Министарства просвете, науке и технолошког развоја под називом „Физика високих енергија са детектором CMS“ и ради на експерименту CMS на Великом хадронском сударачу (LHC). Похађао је следеће међународне школе физике честица: Danube School on Instrumentation in Elementary particle and Nuclear physics, од 8. до 13. септембра 2014. године, Нови Сад (Србија); European School of High Energy Physics (ESHEP), од 5. до 18. јуна 2013. године, Parádörd (Мађарска); Sarajevo School of High Energy Physics, од 9. до 13. маја 2012. године, Сарајево (Босна и Херцеговина); Trans-European School of High Energy Physics, од 13. до 20. јула 2012. године, Петница (Србија) и AIDA Student Tutorial – Solid State Detectors, 27. марта 2012. године, Хамбург (Немачка). По позиву колаборације CMS, кандидат је три пута представљао резултате на међународним скуповима: „Higgs Physics at CMS“, The XXIII International Workshop High Energy Physics and Quantum Field Theory, од 26. јуна до 3. јула 2017. године, Јарослав (Руска Федерација); „ttH production at 13 TeV“, 9th International Workshop on Top Quark Physics, од 19. до 23. септембра 2016. године, Оломоуц (Република Чешка) и „Higgs Physics at CMS“, XII Quark Confinement and the Hadron Spectrum, од 29. августа до 3. септембра 2016. године, Солун (Грчка).

Научна активност

Научно истраживачки рад Предрага Ћирковића реализује се у области физике високих енергија. Од 2011. до 2013. године учествовао је у експерименту ATLAS, а од 2013. године учествује у експерименту CMS на Великом хадронском сударачу (LHC) у CERN-у. У оквиру квалификације за ауторску листу колаборације ATLAS радио је на развоју софтвера за мониторинг b-tagging-a, на основу чега је од 15. марта 2012. године постао квалификовани аутор радова ATLAS колаборације. Радом на таговању flavor-a B_s^0 мезона у оквиру ATLAS експеримента допринео је публикавању рада „Flavor tagged time-dependent angular analysis of the $B_s^0 \rightarrow J/\psi \phi$ decay and extraction of $\Delta \Gamma_s$ and the weak phase ϕ_s in ATLAS“, објављеном у часопису Physical Review D (PRD, IF = 3.914) и одговарајуће интерне ноте ATLAS колаборације (ATLAS-CONF-2013-093). Рад је презентован на XII Конгресу физичара Србије, (28. април - 2. мај 2013. године) под називом „Идентификација знака наелектрисања b-кварка у мерењу нарушења CP симетрије у ATLAS експерименту“, као и на постер секцији, под називом „B-flavour Charge Tagging in CP Violation Measurements in ATLAS Experiment“, у оквиру летње школе физике честица ESHEP.

По преласку на експеримент CMS, започео је квалификацију за ауторство на радовима колаборације CMS. Та активност огледала се у раду на редизајнирању софтверског пакета за реконструкцију трагова детектором Pixel, за потребе провере квалитета података (Data Quality Monitoring), као и потребе валидације Monte Carlo узорака и података прикупљених детектором. Ове задатке је успешно завршио и квалификовао се за ауторство на радовима колаборације CMS средином 2015. године. Допринео је и анализи $pp \rightarrow V \gamma$ процеса у којем се векторски бозон W или Z распада на хадроне. Ова анализа заснована је на идентификацији бустованих векторских бозона коришћењем променљивих везаних за опис подструктуре млазова хадрона и представљена је у интерној ноти колаборације CMS (AN-2014/002) чији је Предраг Ћирковић коаутор.

Централна тема истраживачког рада Предрага Ћирковића везана је за проучавање спрезања топ кварка и Хигс бозона, првенствено кроз анализу продукције Хигс бозона придружене пару топ кваркова у мултилептонском финалном стању. Процес који предвиђа најосетљивије мерење топ-Хигс спрезања у моделу који користи Јукава интеракцију је асоцирана продукција Хигс бозона са паром топ кваркова (ttH). Стандардни модел физике елементарних честица предвиђа спрезање топ кварка и Хигс бозона блиско јединици, а процес ttH омогућава мерење интензитета овог спрезања. За топ кварк се претпоставља да може да буде разлог нестабилности масе Хигс бозона у односу на радијативне корекције и да има посебну улогу у потпунијем објашњењу нарушења електрослабе симетрије. Процеси који би одговарали новој физици у тесној су вези са операторима вишег реда који описују поља Хигс бозона и топ кварка. Процес ttH има релативно мали ефикасни пресек, али и карактеристичну сигнатуру спада топ кварка и Хигс бозона која обезбеђује веома чист сигнал. Неке од првих потрага за овим процесом изведене су у оквиру експеримената CDF и D0 на протон-антипротон сударачу Tevatron у Fermilab-у у САД, а експерименти ATLAS и CMS на крају LHC

Run 1 фазе поставили су најниже границе за продукцију на енергијама у систему центра масе од 7 и 8 TeV. Разматрана су финална стања у којима се Хигс бозон распада на хадроне, фотоне или лептоне, у комбинацији са семилептонским, потпуно лептонским или хадронским распадима пара топ кваркова. У анализи на енергији од 8 TeV са мутилептонским финалним стањем, у каналу распада са два лептона истог знака, регистрован је вишак догађаја од око две стандардне девијације који је довео до низа интерпретација у оквиру теорије суперсиметрије (SUSY). Циљ докторске тезе Предрага Ћирковића је комплетирање потраге за процесом $t\bar{t}H$ у мутилептонском финалном стању, спроведене са подацима прикупљеним током 2015. и 2016. године у експерименту CMS на до тада рекордној енергији судара протона од 13 TeV. Стандардни модел предвиђа пораст ефикасног пресека овог процеса око четири пута са порастом енергије у систему центра масе са 8 TeV на 13 TeV. Посебну погодност доноси чињеница да ефикасни пресеци за доминантне фонске процесе $t\bar{t}$ и $t\bar{t}V$ расту свега два до три пута са истим порастом енергије, што додатно доприноси порасту осетљивости анализе када је у питању потрага за процесом $t\bar{t}H$.

У оквиру потраге за неутралном струјом променљивог flavor-a (Flavor Changing Neutral Current, или FCNC) у процесима у којима је Хигс бозон спрегнут са једним топ кварком и распада се на пар b -кваркова, Предраг Ћирковић је допринео анализи кроз одређивање очекиваних и мерених горњих граница са нивоом поверења од 95%, као и рачунајући вредности најбољег фита за јачину сигнала и факторе скалирања који су коришћени за одређивање $post$ -fit расподела дискриминаторних променљивих BDT. Границе су рачунате под претпоставком да постоји само један од могућих модела продукције (са вредностима спрезања $\kappa_{Hut} = 1$, $\kappa_{Hct} = 0$ и $\kappa_{Hut} = 0$, $\kappa_{Hct} = 1$), као и у дводимензионалном простору могућих комбинација вредности спрезања у опсегу од 0 до 1, под претпоставком да постоје оба мода продукције. Дводимензионалне границе су такође рачунате и за односе гранања, све под претпоставком да се сигнал FCNC састоји од две компоненте $t\bar{t}$ и $single$ - t . Такође су рачунате и границе под претпоставком да постоји само један од ова два сигнална процеса.

Поред горе описаних активности, колега Ћирковић се бавио и феноменолошким студијама хидродинамичких модела у којима је испитивао двочестичне корелације (у простору $\Delta\eta - \Delta\phi$), као и понашање елиптичких ($n = 2$) и триангуларних ($n = 3$), $leading$ ($\alpha = 1$) и sub - $leading$ ($\alpha = 2$) токова у сударима јона олова на енергији од 2.76 TEV у зависности од трансверзалног импулса (p_T), за различите класе централности (од 0-0.2%, до 50-60%), коришћењем Principal Component Analysis (PCA) метода за екстракцију коефицијената $V_n^\alpha(p_T)$ и модела HYDJET++. Резултати су сумирани у виду количника коефицијената израчунатих за sub - $leading$ ток и коефицијената израчунатих за $leading$ ток, приказаних у зависности од централности. Поред тога, Предраг је укључен и у надоградњу система за мерење влажности ваздуха у оквиру сигурносног система ESS поддетектора ECAL у експерименту CMS.

Предраг Ћирковић је аутор једног рада категорије M21 објављеног у врхунском међународном часопису Chinese Physics C (IF = 5.084) и једног рада категорије M22

објављеног у истакнутом међународном часопису *Journal of Instrumentation* (IF=1.22). Као резултат рада на докторској дисертацији, до данас је објавио две CMS публикације (CMS-PAS-HIG-15-008 и CMS-PAS-HIG-16-022) које су јавно доступне на inspirehep.net интернет страници и цитиране су 25, односно 24 пута. Овај тип јавних резултата сврстан је у категорију M24 на основу посебне одлуке Матичног научног одбора за физику. Предраг Ћирковић је имао врло значајан допринос и коаутор је две интерне ноте (AN-2015/321 и AN-2016/211) које одговарају наведеним публикацијама (CMS-PAS-HIG-15-008 и CMS-PAS-HIG-16-022).

Анализа под називом „Search for the Flavor-Changing Interactions of a Top Quark with the Higgs boson in $H \rightarrow b\bar{b}$ Channel at $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ “ (са идентификационом ознаком TOP-17-003 и одговарајућом интерном нотом AN-2015/097) одобрена је од стране колаборације CMS и тренутно је у припреми одговарајућа публикација у часопису. Резултати потраге за процесом $t\bar{t}H$ са мулилептонским финалним стањем тренутно су у припреми за публикавање заједно са резултатима потраге за процесом $t\bar{t}H$ са распадима Хигс бозона на τ лептоне (под називом „Search for the associated production of a Higgs boson with a top quark pair in final states with electrons, muons and hadronically decaying τ leptons at $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$ “). Одговарајућа публикација у часопису би требало да буде објављена до краја текуће или почетком наредне године.

СПИСАК ОБЈАВЉЕНИХ РАДОВА

Радови објављени у међународним часописима

[1] „Sub-leading flow modes in PbPb collisions at $\sqrt{s} = 2.76$ TeV from HYDJET++ model“, **P. Cirkovic**, D. Devetak, M. Dordevic, J. Milosevic, and M. Stojanovic, *Chin. Phys. C* **41** (2017) 074001, DOI: 10.1088/1674-1137/41/7/074001, IF = 5.084, M21

[2] „Preparing the hardware of the CMS Electromagnetic Calorimeter control and safety systems for LHC Run 2“, O. Holme, P. Adzic, D. Di Calafiori, **P. Cirkovic**, G. Dissertori, L. Djambazov, D. Jovanovic, W. Lustermann, and S. Zelepoukine, *J. Instrum.* **11** (2016) C01020, DOI: 10.1088/1748-0221/11/01/C01020, IF = 1.22, M22

Остале референтне публикације колаборације CMS

[1] „Search for ttH production in multilepton final states at $\sqrt{s} = 13$ TeV“, CMS Collaboration, 2016, CMS-PAS-HIG-15-008, CMS AN-2015/321 (**P. Cirkovic**...M. Dordevic...et al.), <http://inspirehep.net/record/1434353>, Citations: 25.

[2] „Search for associated production of Higgs bosons and top quarks in multilepton final states at $\sqrt{s}=13$ TeV“, CMS Collaboration, 2016, CMS-PAS-HIG-16-022, CMS AN-2016/211 (**P.Cirkovic**...M. Dordevic...et al.), <http://inspirehep.net/record/1479658>, Citations: 24.

[3] „Search for the Flavor-Changing Interactions of a Top Quark with the Higgs boson in $H \rightarrow b\bar{b}$ Channel at $\sqrt{s} = 13$ TeV“, CMS Collaboration, 2017, CMS-PAS-TOP-17-003, CMS AN-2015/097 (**P.Cirkovic**...M. Dordevic...et al.).

Саопштења на међународним скуповима

[1] „Studies of the ttH production at 13 TeV“, **P. Cirkovic** on behalf of CMS Collaboration, EPJ Web of Conferences **137**, 08002 (2017), DOI: 10.1051/epjconf/201713708002

[2] „ttH production at 13 TeV“, CMS Collaboration (**P. Cirkovic** (Belgrade, Inst. Phys. & Belgrade U.) for the collaboration). Nov 25, 2016. 8 pp., 9th International Workshop on Top Quark Physics (TOP 2016), 19-23 Sep 2016. Olomouc, Czech Republic, C16-09-19.5, <https://indico.cern.ch/event/486433/>.

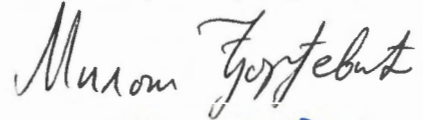
[3] „Higgs Physics at CMS“, **P. Cirkovic** on behalf of the CMS Collaboration, The XXIII International Workshop High Energy Physics and Quantum Field Theory, 26 Jun-3 Jul 2017, Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics of Lomonosov Moscow State University, Yaroslavl (Russian Federation).

Закључак

На основу изложеног се види да кандидат испуњава све услове дефинисане Законом о научноистраживачкој делатности и Правилником о поступку, начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије за реизбор у звање истраживач сарадник. Стога, комисија са задовољством предлаже Научном већу Института за физику у Београду да Предрага Ђирковића реизабере у звање истраживач сарадник.

Београд,
9. август 2017. године

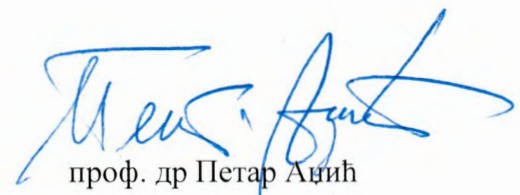
др Милош Ђорђевић
научни сарадник
Институт за нуклеарне науке „Винча“



др Антун Балаж
научни саветник
Институт за физику у Београду



др Марија Врањеш Милосављевић
виши научни сарадник
Институт за физику у Београду



проф. др Петар Авић
редовни професор
Физичког факултета Универзитета у Београду