

**НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ  
БЕОГРАД**

**Предмет:** Предлог за студентску награду Института за физику за 2016. годину

Поштовани,

Имам велико задовољство да у име Лабораторије за гасну електронику предложим *др Данка Бошњаковића* за доделу студентске награде за најбољу докторску дисертацију урађену у Институту за физику. Данко Бошњаковић је запослен на Институту за физику од 01.04.2012. године и ангажован на пројекту основних истраживања Министарства просвете науке и технолошког развоја ОИ171037 „Фундаментални процеси и примене транспорта честица у неравнотежним плазмама, траповима и наноструктурама“ којим руководим. Своју докторску дисертацију под насловом „Моделовање гасних детектора честица високих енергија применом технике електронских ројева“ одбранио је 02.09.2016. године на Електротехничком факултету у Београду.

Предмет истраживања у оквиру докторске дисертације Данка Бошњаковића је фокусиран на математичко-физичко моделовање гасних детектора честица а посебно на утицај физичких феномена код транспорта и мултипликације наелектрисања у гасу на перформансе и одзив ових уређаја. Значај ове теме илуструје податак да су гасни детектори честица, због својих добрих перформанси и ниске цене по јединици запремине, остали најчешће коришћени детектори у експерименталној физици високих енергија. Ипак, при њиховом пројектовању и оптимизацији се још увек често користе полуемпиријски и недовољно егзактни модели. Имајући то у виду, један од циљева ове дисертације био је да, користећи егзактне технике физике транспорта наелектрисаних честица у гасовима, укаже како различити модели и њихови параметри утичу на изразунати сигнал и перформансе детектора.

Нарочито место у дисертацији посвећено је детектору типа RPC (*Resistive Plate Chamber*) који се користи у многим експериментима физике високих енергија укључујући ATLAS, ALICE и CMS експерименте у CERN-у. На пример, овај детектор је у склопу мионског *trigger* система имао кључну улогу у открићу Хигсовог бозона. Применом *multi term* методе решавања неконзервативне Болцманове једначине, Данко Бошњаковић је анализирао транспорт електрона у гасним смешама које користе RPC детектори на експериментима у CERN-у (Bošnjaković et al. 2014, J. Phys. D: Appl. Phys. 47, 435203). Код ових гасова, уочено је да експлицитни ефекти неконзервативних судара доминантно утичу на транспорт електрона и да се стога дуалност транспортних коефицијената не може занемарити, што је нарочито значајно у контексту примене транспортних коефицијента као улазних података у различитим моделима ових детектора. Такође је уочена и појава негативне диференцијалне проводности испољене искључиво код *bulk* брзине дрифта. Реч је о кинетичком феномену који је у литератури био познат само у случају транспорта

позитрона. Његово порекло размотрено је користећи просторно разложене карактеристике роја електрона добијене Монте Карло симулацијом.

У оквиру докторске дисертације, Данко Бошњаковић је развио и први микроскопски стохастички модел одзива RPC детектора који се заснива на праћењу појединачних електрона и њихових интеракција са гасом применом Монте Карло технике (Bošnjaković et al. 2014, J. Instrum. 9, P09012). Развијени микроскопски модел укључује и имплементацију ефекта примарне јонизације услед проласка упадне наелектрисане честице високе енергије кроз детектор као и утицај електрода. Помоћу овог модела могуће је израчунати индуковани сигнал али и основне карактеристике RPC детектора попут временске резолуције и ефикасности детекције. Добијени прорачуни временске резолуције и ефикасности детекције за једну типичну детекторску конфигурацију коришћену у *time of flight* експериментима се веома добро слажу са измереним вредностима. Такође, овом техником је проучавана и стохастика електронског лавинског процеса у радним условима RPC детектора и указано је на одступање од Леглерове теорије раста лавине која је у основи већине макроскопских стохастичких модела RPC детектора.

Поред стохастичког модела, развио је и 1.5-димензионални класични флуидни модел RPC детектора заснован на апроксимацији локалног електричног поља. Помоћу овог модела разматран је развој лавине и стримера код RPC детектора под дејством ефекта просторног наелектрисања и фотојонизације у гасу (Bošnjaković et al. 2016, J. Phys. D: Appl. Phys. 49, 405201). При радним условима RPC детектора, модел предвиђа карактеристичан облик струјног са прекурсором који је уочен у експериментима. Показано је и како имплементација транспортних података у моделу утиче на израчунати сигнал код три различите RPC конфигурације које се користе на експериментима физике високих енергија.

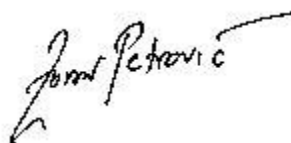
Данко Бошњаковић је уз класичан флуидни модел развио и оригинални кориговани флуидни модел заснован искључиво на хидродинамичкој претпоставци уз апроксимацију локалног електричног поља (Д. Бошњаковић, докторска дисертација). За потребе овог модела извео је и општи облик формула за израчунавање коефицијената у развоју изворног члана по градијентима концентрације. Модел је у оквиру дисертације примењен за добијање одзива RPC детектора који се користе на ATLAS и ALICE експериментима у CERN-у. Поред RPC конфигурација, модел је тестиран и при симулацијама развоја стримера и јонизационих фронтова у неограниченим срединама. Ови тестови су показали да кориговани флуидни модел даје боље слагање са резултатима егзактне PIC/MC (*Particle In Cell / Monte Carlo*) симулације у односу на класичан флуидни модел. Стога, модел може имати значајно ширу област примене. Пре свега у симулацијама гасних пражњења где се осим тачности брзине стримера захтева и егзактнији прорачун профила концентрације просторног наелектрисања у каналу стримера. Кориговани флуидни модел и његови резултати биће објављени у будућем раду.

Применом *multi term* методе решавања Болцманове једначине, посебно је анализирао и транспорт електрона у гасним смешама и различитим конфигурацијама укрштеног електричног и магнетског поља које се користе у TPC (*Time Projection Chamber*) детекторима. Ови детектори се употребљавају за тродимензионалну реконструкцију

путање честице високе енергије (нпр. у ALICE експерименту). Осим моделовања гасних детектора честица, Данко Бошњаковић је разматрао и механизме „грејања“ електрона под дејством укрштених и временски променљивих електричних и магнетских поља (Dujko et al. 2015, Plasma Sources Sci. Technol. 24, 054006). Овде је нарочита пажња посвећена тумачењу феномена резонантне апсорпције снаге од стране електрона у различитим условима и конфигурацијама електричног и магнетског поља. Такође је дао оригиналан допринос у анализи постојећих Монте Карло техника за рескалирање ројева електрона у неконзервативним гасовима и развоју нове динамичке континуалне технике рескалирања (Mirić et al. 2016, Plasma Sources Sci. Technol. 25, 065010). Ове технике су од великог значаја за прорачун транспорта електрона у електронегативним гасовима при малим електричним пољима.

Током истраживања и рада на докторској дисертацији, Данко Бошњаковић је показао завидан ниво самосталности, креативности и вештине. Његови оригинални доприноси заснивају се на развоју нових као и оптимизацији и примени постојећих модела и техника, од сложених нумеричких симулација на рачунарским системима високих перформанси до аналитичких прорачуна. Објавио је 2 рада у часопису M21a категорије и 4 рада у часописима M21 категорије. Своје резултате презентовао је на бројним међународним конференцијама а одржао је и два предавања по позиву на међународним скуповима. Посебно се истиче његово предавање по позиву у оквиру скупа *RD51 mini-week (6 – 10 June 2016, CERN)*, у организацији RD51 колаборације из CERN-а која је посвећена развоју гасних детектора честица. На препоруку др Вернера Риглера, техничког директора ALICE експеримента у CERN-у, Лабораторија за гасну електронику Института за физику је добила позив за чланство у RD51 колаборацији. Осим тога, позван је од стране уредништва часописа *Journal of Physics D* да сачини посебан сажетак рада (Bošnjaković et al. 2016, J. Phys. D: Appl. Phys. 49, 405201) који је истакнут на *web* страници часописа (<https://jphysplus.iop.org/2016/12/01/fluid-modeling-of-resistive-plate-chambers/>) у оквиру секције *JPhys+* која обухвата радове и вести од нарочитог значаја. Такође, био је рецензент радова у *Journal of Physics D: Applied Physics* (врхунски међународни часопис у области примењене физике) и *Journal of Instrumentation* (један од водећих часописа у области детектора и инструментације у експерименталној физици). На основу наведеног, имам посебно задовољство да предложим Данка Бошњаковића као кандидата за студентску награду Института за физику.

У Београду, 14.03.2017. год.



академик Зоран Петровић, научни саветник

руководилац Лабораторије за гасну електронику  
Института за физику у Београду