

IZVJEŠTAJ KOMISIJE ZA OCJENU PODOBNOSTI TEME MAGISTARSKOG RADA KANDIDATA ITANE BUBANJE

Vijeće Prirodno-matematičkog fakulteta na sjednici održanoj 14. 05. 2019. imenovalo je mentora i Komisiju za ocjenu podobnosti teme za izradu magistarskog rada pod nazivom "Analiza dileptonskih parova iz raspada Z bozona nastalih u proton-proton interakcijama na energiji od 5 TeV na CMS eksperimentu", kandidata Itane Bubanje, u sastavu: dr Nataša Raičević, redovni profesor-mentor, dr Slobodan Backović, akademik - član i dr Ivana Pićurić, redovni profesor - član.

Nakon uvida u podneseni materijal, a u vezi sa članom 24 Pravila studiranja na postdiplomskim studijama, podnosimo sljedeći

IZVJEŠTAJ

Itana Bubanja, specijalista fizike, prijavila je temu magistarskog rada pod nazivom "Analiza dileptonskih parova iz raspada Z bozona nastalih u proton-proton interakcijama na energiji od 5 TeV na CMS eksperimentu". Tema spada u oblast eksperimentalne fizike elementarnih čestica za koju je matičan Prirodno-matematički fakultet. Dokumenta podnesena za prijavu sadrže biografiju kandidata i prijavu magistarskog rada u kojoj je ukratko razrađena tema magistarskog rada kroz elemente navedene u članu 23 Pravila studiranja na postdiplomskim studijama.

Podaci o kandidatu

Itana Bubanja je rođena 23. 05. 1994. godine na Cetinju. U Budvi je završila osnovnu školu i gimnaziju kao nosilac diplome Lučal za cjelokupno školovanje. Diplomirala je 2016. na bečelor studijama Studijskog programa Fizika na Prirodno-matematičkom fakultetu, a 2017. diplomirala je na specijalističkim studijama na istom studijskom programu.

U periodu od januara do oktobra 2017. radila je kao saradnik-pripravnik na studijskom programu Fizika na Univerzitetu Crne Gore.

Itana Bubanja je tokom studija (osnovnih, specijalističkih i magistarskih) aktivno učestvovala i učestvuje u promociji nauke u Crnoj Gori. U posljednjih nekoliko godina je učestvovala u pripremi, organizaciji i realizaciji manifestacije „Otvoreni dani nauke“, naročito u dijelu koji se odnosi na promociju fizike. Aktivno učestvuje u pripremi i realizaciji

edukativno-naučnog programa koji organizuje CERN „International Master Class, Hands on Particle Physics“ od početka njegove realizacije u Crnoj Gori. Ovaj program vezan je za edukaciju učenika srednjih škola u oblasti fizike elementarnih čestica koja se radi u CERNu. U okviru ovog programa držala je predavanja i demonstrirala eksperimentalne vježbe učenicima. Bila je asistent na školi nauke koju organizuje fondacija za promociju nauke u Crnoj Gori „Prona“.

Itana Bubanja skoro dvije godine aktivno učestvuje u istraživanjima na CMS eksperimentu u CERNu koja će biti sadržana u njenom magistarskom radu. Itana je započela rad na tzv. servisnom zadatku vezanom za nadgradnju CMS eksperimenta i aktivno radi na fizičkim analizama tj. obavlja sve zadatke koji su predviđeni za rad studenta postdiplomskih i doktorskih studija na jednom ovakvom eksperimentu.

Itana Bubanja posjeduje dobre programerske vještine, a istraživanja realizuje korišćenjem programskih jezika C++ i Python.

Predmet istraživanja i aktuelnost teme

Fokus rada je na analizi dielektronskih, e^+e^- , parova koji nastaju pri inkluzivnoj produkciji Z bozona u proton-proton interakcijama na energiji od 5 TeV. Prvi put će se analizirati raspodjele dielektronskih parova dobijenih iz podataka sa eksperimenta CMS (engl. Central Muon Solenoid) nastalih sudarom protona ubrzanih u akceleratoru LHC (Large Hadron Collider) u laboratoriji CERN u Ženevi u novembru 2017. Eksperimentalne raspodjele e^+e^- parova, kao i raspodjele ranije analiziranih dimionskih parova nastalih u proton-proton interakcijama na energiji od 5 TeV prvi put će biti upoređene sa punom simulacijom ovih interakcija u CMS eksperimentu.

Predmet istraživanja su dileptonski parovi (elektronski i mionski) koji nastaju raspadom Z bozona koji se kreira pri interakciji protona tj. sastavnih dijelova protona (partona). Ovako nastali elektroni tj. pozitroni i mioni koji čine dielektronske tj. dimionske parove prolaze kroz eksperimentalnu aparaturu CMS eksperimenta i interaguju sa materijom tj. atomima detektorske sredine. Kao rezultat ovakve interakcije čestice ostavljaju obilježja u detektorskoj sredini na osnovu kojih se vrši njihova identifikacija, rekonstruiše njihova trajektorija, energija, impuls, ugao emisije.

Problematika na kojoj se zasniva ovaj rad je aktuelna u teorijskoj i eksperimentalnoj fizici čestica iz više razloga. Prvo, jasan signal i visoka statistika nastalih događaja omogućavaju mjerenja parametara teorije Standardnog Modela i teorije jake interakcije sa visokom preciznošću. Osim dobijanja rezultata visoke preciznosti, dobro poznavanje Standardnog Modele je neophodno da bi se moglo doći do novih otkrića i da bi se neki rezultat mogao proglasiti otkrićem. Drugo, eksperimentalne raspodjele koje se namjeravaju dobiti u ovom radu daju informacije o dinamici same interakcije partona iz sudarajućih protona. Ovakva istraživanja posljednjih godina sprovode se na svim eksperimentima na LHC-u u CERN-u. Na CMS-u analizirane su raspodjele dielektronskih parova za različite energije interakcije protona kao i na ATLAS-u i LHCb-u.

Ovaj rad se nadovezuje na eksperimentalne rezultate u vezi sa emisijom dimionskih parova u proton-proton interakcijama na energiji od 5 TeV koji su dobijeni prošle godine s tim što u vrijeme dobijanja tih rezultata nije postojala puna simulacija eksperimentalne aparature i odziva detektora sa CMS-a. U ovom radu će biti procijenjen i kvalitet postojeće simulacije prolaska miona tj. mionskih parova kroz detektorske komponente.

Cilj i metodologija rada

Produkcija dileptonskih parova kroz anihilaciju kvarka i antikvarka iz protona u virtualni foton ili Z bozon, iz kojih zatim nastaju leptoni iste generacije suprotnog naelektrisanja je jedan od procesa koji ostavlja najjasniji signal u detektorskim komponentama CMS eksperimenta. Veliki presjek za produkciju dileptonskih parova i jasan signal koji nastaje njihovom kreacijom omogućavaju detaljno proučavanje kinematičkih raspodjela koje predstavljaju pouzdani test teorije jake interakcije sa visokom preciznošću.

Jedna od najinteresantnijih fizičkih veličina je transverzalni impuls Z bozona koji je povezan sa mehanizmom njegove kreacije. Oblast niskih vrijednosti transverzalnih impulsa nastaje kao rezultat višestruke emisije gluona nižih energija dok oblast velikih transverzalnih impulsa karakteriše Z bozone koji nastaju zajedno sa jednim ili više partona visoke energije. Rapiditet Z bozona je još jedna bitna fizička veličina koja zavisi od razlike impulsa između partona iz interagujućih protona i zbog toga predstavlja dobru mjeru koja zavisi od impulsnih raspodjela partona u protonu (PDF - od Parton Distribution functions).

Raspodjele po pomenutim varijablama, naročito po transverzalnom impulsu elektroslabih bozona, su od velikog značaja za mjerenja visoke preciznosti, naročito mase W bozona. Takođe, teorijsko predviđanje raspodjele po transverzalnom impulsu Higs bozona nastalog fuzijom dva gluona u jedan gluon koristi parametre koji su usko povezani sa onima koji se pojavljuju pri računanju transveralnog impulsa bozona. Zbog ovoga, precizna mjerenja raspodjela vektorskih bozona bitna su i za testiranje teorijskih modela i proračuna za produkciju Higs bozona na LHCu. Pošto mjerenje transveralnog impulsa protona zavisi od rezolucije detektora tj. mjerenja transverzalnih impulsa leptona, za preciznija mjerenja, naročito u oblasti nižih transverzalnih impulsa bozona, koristi se još jedna varijabla Φ^* koja zavisi samo od ugaonih raspodjela leptona.

Osim raspodjela po kinematičkim karakteristikama Z bozona, biće predstavljene i raspodjele po transverzalnom impulsu i pseudorapiditetu leptona koji nastaju raspadom Z bozona.

Eksperimentalni podaci iz kojih se rekonstruišu fizičke veličine koje opisuju kretanje elektrona, pozitrona i miona dobijaju se njihovim skretanjem u magnetnom polju od 3.4 T koje obezbjeđuje superprovodni solenoid unutrašnjeg poluprečnika 6 m. Trajektorije čestica rekonstruuju se u silicijumskim piksel i trakastim detektorima koji se nalaze unutar solenoida. Energija elektrona i pozitrona se mjeri u elektromagnetnom kalorimetru od olovo volframata i hadronskom kalorimetru od mesinga i scintilatora. Mioni se detektuju u gasnim jonizacionim komorama koje su smještene na obodu CMS detektora zasnovane na tri vrste tehnologija: drift cijevi, katodne trakaste komore i komore sa otpornim pločama.

Monte Carlo simulacija pp interakcija neophodna za procjenu efikasnosti signala i fonskih procesa dobijena je generisanjem signala od dileptonskih parova korišćenjem *MadGraph*

(v1.3.30) generatora događaja. Partonski "tuševi" i efekti hadronizacije su implementirani korišćenjem generatora *PYTHIA6*. Za generisanje fona biće korišćeni dodatni generatori. Prolazak čestice kroz materiju i odzivi detektora simulirani su korišćenjem paketa *GEANT4*.

Eksperimentalne i Monte Carlo generisane raspodjele analiziraju se i upoređuju korišćenjem softverskog paketa *root*.

Softver za obradu eksperimentalnih i simuliranih podataka, crtanje grafika i raspodjela čestica i dileptonskih parova napisan je u programskom jeziku C++.

Struktura rada

Okvirno, rad bi se sastojao od šest poglavlja. U uvodu ukratko će se opisati tema istraživanja, ukazati na njen značaj i aktuelnost, kao i glavne razloge za njeno istraživanje. Pomenuće se prethodna slična istraživanja i motivacija koja je proistekla iz njih. Formulisaće se problematika istraživanja i dati kratak sadržaj po poglavljima. U drugom dijelu kratko će biti opisan akceleratorski sistem koji služi za ubrzavanje protona. Ukratko će se opisati i CMS eksperiment i detektorske komponente pojedinačno uz poseban osvrt na detektorske komponente relevantne za ova istraživanja. U trećem dijelu biće objašnjen teorijski okvir za produkciju dileptonskih parova sa invarijantnim masama u oblasti Z bozona. Takođe kratak će se opisati najrelevantniji fonski procesi. Biće predstavljene i objašnjene najvažnije fizičke veličine koje opisuju ove parove i način njihovog dobijanja iz podataka sa CMS eksperimenta. U četvrtom dijelu biće predstavljeni rezultati i diskusija rezultata. Prikazaće se dobijene raspodjele koje se odnose na dileptonske parove i individualne leptone kroz upoređivanje eksperimentalno dobijenih raspodjela sa raspodjelama nastalih punom simulacijom proton-proton interakcije na energiji od 5 TeV na CMS detektoru. Poređenje će biti napravljeno na apsolutnom nivou i dobiće se odnosi relevantnih raspodjela iz eksperimentalnih podataka i simulacije. Biće izmjeren inkluzivni efikasni presjeci u fiducijalnoj oblasti u kojoj će se analizirati nastali leptoni (sa transverzalnim impulsom većim od 20 GeV/c i sa apsolutnom vrijednošću psudorapiditeta manjom od 2.4). Presjeci će biti izmjereni iz eksperimentalnih dielektronskih i dimionskih raspodjela i upoređeni sa presjekom koji se predviđa korišćenom simulacijom. U petom dijelu biće dat zaključak i u šestom navedena literatura.

Zaključak

Na osnovu prethodno izloženog smatramo da predložena tema magistarskog rada kandidata Itane Bujanje ispunjava sve uslove predviđene Pravilima studiranja na postdiplomskim studijama propisane od strane Senata Univerziteta Crne Gore.

- Komisija predlaže Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta da kandidatu Itani Bujanji odobri izradu magistarskog rada pod nazivom "Analiza dileptonskih parova iz raspada Z bozona nastalih u proton-proton interakcijama na energiji od 5 TeV na CMS eksperimentu".

U Podgorici, 24. 05. 2019.

KOMISIJA

N. Raičević

dr Nataša Raičević, redovni profesor-mentor

St. Backović

dr Slobodan Backović, akademik – član

Ivana Pićurić

dr Ivana Pićurić, redovni profesor - član