

UNIVERZITET CRNE GORE

Prirodno-matematički fakultet

Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta

Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
Broj 1820
Podgorica, 06. 07. 2018. god.

IZVJEŠTAJ KOMISIJE ZA OCJENU PODOBNOSTI TEME MAGISTARSKOG RADA KANDIDATA JELENE MIJUŠKOVIĆ

Vijeće Prirodno-matematičkog fakulteta na sjednici održanoj 2. 07. 2018. imenovalo je mentora i Komisiju za ocjenu podobnosti teme za izradu magistarskog rada pod nazivom "Emisija $\mu^+\mu^-$ parova u pp interakcijama na energiji od 5 TeV na CMS eksperimentu", kandidata Jelene Mijušković, 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

Jelena Mijušković, specijalista fizike, prijavila je temu magistarskog rada pod nazivom "Emisija $\mu^+\mu^-$ parova u pp 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

Jelena Mijušković je rođena 14. 12. 1993. U Nikšiću je završila osnovnu školu i gimnaziju "Stojan Cerović" kao nosilac diplome Luča. Diplomirala je 2015. na bečelor studijama Studijskog programa Fizika na Prirodno-matematičkom fakultetu, a 2016. diplomirala je na specijalističkim studijama na istom studijskom programu.

U periodu od januara do oktobra 2017. radila je kao profesor fizike u gimnaziji "Stojan Cerović" u Nikšiću,

Jelena Mijušković je tokom studija (osnovnih, specijalističkih i master) 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 Zimskoj školi nauke koju organizuje fondacija za promociju nauke u Crnoj Gori „Prona“.

Jelena Mijušković godinu dana aktivno učestvuje u istraživanjima na CMS eksperimentu u CERNu koja će biti sadržana u njenom magistarskom radu. Jelena učestvuje u tzv. servisnim zadacima na eksperimentu (praćenje i kontrola kvaliteta podataka koji se dobijaju na CMSu) i fizičkim analizama tj. obavlja sve zadatke koji su predviđeni za rad studenta postdiplomskih i doktorskih studija na jednom ovakvom eksperimentu. Više puta je imala prezentacije u okviru istraživačkih grupa u kojima radi.

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

Predmet istraživanja i aktuelnost teme

U radu će se proučavati čestice koje nastaju iz interakcije tj. sudara protona (pp) koji su ubrzani na LHC akceleratoru (skr. engl. *Large Hadron Collider*) u CERNu do energija od 5 TeVa u sistemu centra masa. Analiziraju se sudari koji su se dešavali u tačkama koje su okružene detektorskom aparaturom CMS eksperimenta (skr. engl. *Compact Muon Solenoid*). Kao rezultat pp sudara nastaju nove čestice i one se detektuju pomenutom eksperimentalnom aparaturom.

Pri interakciji protona na energijama reda veličine TeVa, njegovi sastavni dijelovi, tzv. partoni (od engl. riječi *part* – dio), su kvazislobodni tako da u stvari dolazi do interakcije partona iz dva protona. Jedan od mehanizama interakcije je anihilacija partona i nastanak neutralnih bozona (virtuelni foton ili Z bozon) koji se raspadaju na česticu i anti-česticu (lepton i anti-lepton ili kvark i antikvark). Ovako nastali leptonski parovi se nazivaju po naučnicima koji su ih proučavali, tzv. Drell-Yan parovi. Predmet proučavanja ovog rada su mionski leptonski parovi nastali ovim mehanizmom. Analizom mionskih parova ($\mu^+\mu^-$) dobijamo raspodjele bozona direktno nastalih interakcijom partona iz protona, pa su ovakva mjerenja osjetljive na raspodjele konstituenata tj. partona unutar protona. Takođe, ove raspodjele zavise i od više teorijskih parametara kvantne hromodinamike koji se mogu odrediti njihovom analizom.

U ovom radu se analiziraju pp interakcije koje su se desile unutar CMS detektorskog sistema krajem 2017. godine. Radi se o energiji interakcije od 5 TeVa, a na ovoj energiji na CMSu ranije nisu analizirani Drell-Yan parovi. Takođe ovi sudari su specifični jer su bili sudari sa tzv. malom učestanošću preklapanja događaja (engl. *pileup*) i zbog toga mogu obezbijediti raspodjele koje su manje narušene kao posljedica velike učestanosti sudara i samim tim veće vjerovatnoće „miješanja“ signala iz različitih događaja, naročito u oblasti niskih vrijednosti transverzalnih impulsa individualnih leptonu koji nastaju u najvećem broju.

Navedena istraživanja vode do informacija koje obezbjeđuju razumijevanje mehanizma interakcije partona i precizna mjerenja parametara koji opisuju ove interakcije. Mjerenje sa što većom preciznošću u ovoj oblasti od velikog su značaja ne samo za što preciznije određivanje parametara Standardnog modela već i za razumijevanje novih procesa i mehanizma koji su izvan ovog modela.

Jedan dio rada je posvećen automatizaciji brze provjere kvaliteta podataka dobijenih u CMS detektorskom sistemu što je neophodno za kontinuiranu kontrolu funkcionisanja eksperimentalne aparature i sakupljanje podataka visokog kvaliteta čijom analizom možemo doći do željenih rezultata.

Cilj i metodologija rada

Analiza koje će biti predstavljena u ovom radu kroz proučavanje emisije dimionskih parova u pp interakcijama na energiji od 5 TeV, prije svega, ima za cilj da ukaže na potencijal ovih podataka u razotkrivanju i detljnoj fizičkoj interpretaciji mehanizama interakcije. Biće analizirane sljedeće raspodjele dimionskih parova: invarijantna masa para, transversalni impuls para, transversalni impuls individualnih leptona, raspodjele po pseudorapiditetu parova i samih miona kao i raspodjele po nekim veličinama koje se mogu koristiti za što efikasniju selekciju dimionskih parova od interesa uz što veću redukciju fona koji dominantno potiče od slučajno kombinovanih miona koji nemaju zajedničko porijeklo već uglavnom nastaju kroz raspade hadrona nastalih u interakciji. Značajni dio analiza će se posvetiti upravo ovom kombinatornom fonu i njegovom doprinosu kroz analizu parova miona istog znaka ($\mu^+\mu^+$ i $\mu^-\mu^-$).

Kvalitet podataka dobijenih iz interakcija zavisi od funkcionisanja cjelokupnog detektorskog sistema i neophodno ga je stalno kontrolisati. Zbog toga je vrlo važan segment u ovakvim eksperimentima i razvoj tehnika za brzu provjeru kvaliteta podataka. S ovim ciljem, dio ovog rada biće posvećen automatizaciji brze provjere eksperimentalnih podataka i funkcionisanja CMS-a koja će omogućiti svakom korisniku da neposredno nakon interakcije može da dobije relevantne raspodjele koje mogu ukazati na eventualne probleme u radu detektorskih komponenti CMS-a.

CMS je eksperimentu koji se sastoji od velikog broja detektora pri čemu svaki ima svoju funkciju. Centralni dio CMS-a čini superprovodljivi solenoid dužine 12.5 m i prečnika 6 m. Nominalna vrijednost magnetnog polja koje proizvodi ovaj solenoid je 4 T što je neophodna za ostvarivanje što veće zakrivljenosti trajektorija naelektrisanih čestica, a time i za bolju identifikaciju čestica visokih energija. Glavne komponente koje se koriste za detekciju i identifikaciju miona tj. njihovih trajektorija su mionske komore koje prekrivaju oblast pseudorapiditeta do vrijednosti 2.4. Ovaj sistem se sastoji iz tri različita tipa gasnih detektora: drift cijevi, katodne trakaste komore (eng. Cathode Strip Chambers - CSCs) i komore sa tzv. otpornim pločama (eng. Resistive Plate Chambers - RPCs). Ove komore se nalaze na periferiji CMS detektora na najvećim rastojanjima od tačke interakcije tj. verteksa jer su mioni čestice koje uglavnom kroz detektorsku sredinu prolaze bez interakcije i kao takve (za razliku od ostalih naelektrisanih čestica) stižu do velikih udaljenosti od mjesta svog nastanka. Trajektorija naelektrisane čestice se rekonstruiše u tzv. unutrašnjem sistemu za detekciju tragova. On se sastoji iz silicijumskih senzora koji su konstruisani tako da omogućavaju precizna i efikasna mjerenja trajektorija naelektrisanih čestica transversalnog impulsa $p_T > 1$ GeV, kao i precizne rekonstrukcije sekundarnih verteksa koji se pojavljuju kao rezultat raspada masivnijih čestica. Sastoji se iz dva dijela, unutrašnjeg silicijumskog piksel detektora i spoljašnjeg silicijumskog detektora sa trakastim elektrodama.

Monte-Carlo simulacija interakcija dobiće se korišćenjem MADGRAPH5 AMC@NLO generatora pp interakcija. Analize koje će biti predstavljene u radu dobiće se korišćenjem programskih jezika C++ i Python u okviru CMS softverskog okruženja.

Grafici analiziranih raspodjela dobiće se korišćenjem softverskog paketa ROOT koji je opšte korišćeni softver u analizama u fizici čestica.

Struktura rada

Okvirmo, 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. Pomeniće 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 akceleratori 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 Drell-Yan parova i mehanizmi za kreaciju ovih parova. 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. Četvrti dio biće rezultati i diskusija. Prikazaće se dobijene raspodjele koje se odnose na dimionske parove i individualne mione. Biće analizirane raspodjele po veličinama koje služe za identifikaciju tzv. izolovanih leptoni i što bolju redukciju fona. Opisao se proces automatskog dobijanje raspodjela za brzu procjenu kvaliteta podataka i rada detektorskog sistema CMSa i biće prikazani rezultati koji se dobijaju na taj način. U petom dijelu biće zaključak i u šestom navođena literatura.

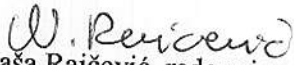
Zaključak

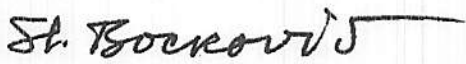
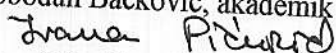
Na osnovu prethodno izloženog smatramo da predložena tema magistarskog rada kandidata Jelene Mijušković ispunjava sve uslove predviđene Pravilima studiranja na postdiplomskim studijama, propisane od strane Senata Univerziteta Crne Gore.

Komisija predlaže Vijeću prirodno-matematičkog fakulteta da kandidatu Jeleni Mijušković odobri izradu magistarskog rada pod nazivom "Emisija $\mu^+\mu^-$ parova u pp interakcijama na energiji od 5 TeV na CMS eksperimentu".

U Podgorici, 6. 07. 2018.

KOMISIJA


dr Nataša Raičević, redovni profesor-mentor


dr Slobodan Backović, akademik – član

dr Ivana Pićurić, redovni profesor - član