

Bírálati vélemény

Pásztor Gabriella

Exploring the secrets of elementary particles at the CERN LEP and LHC colliders

MTA Doktori értekezéséről

A 180 oldalas értekezés egy bevezetőt és hat nagyobb fejezetet tartalmaz. A disszertáció szerkezete jól felépített, a szövegezése az összetett tartalom ellenére kifejezetten olvasmányos. A dolgozat bemutat minden lényeges lépést ahogy a LEP és LHC nagykísérleteiben a gyorsító és a detektorok felépítésén, a méréseken, a kalibráción és az adatanalízisen át eljutunk a részecskefizika alapvető kérdéseihez. A hiányzó részleteket illetően az olvasó választ találhat a 600-nál több elemet tartalmazó, jó 40 oldalas hivatkozáslistában.

A dolgozat nyelve angol, amivel ugyan elveszett a magyar szaknyelv művelésének egy kiváló lehetősége, de a széles érdeklődési körre és a dolgozat részben áttekintő jellegű tartalmára tekintettel érthető döntés. Helyesírási hibák vagy elírások csak elenyésző mennyiségben vannak a szövegben.

A tömör és lényegretörő bevezető után a 2. fejezet a LEP új fizikára vonatkozó eredményeit mutatja be 40 oldalon keresztül. Ez jóllehet a "múlt", a tézispontokban jelentős szerepet kap (a 9-ből 4 tézispontban lényeges rész), emiatt az LHC-hez képest túl szűknek tűnik a tárgyalás különösen a kísérleti oldalról. Ezt ellensúlyozza később, ahogy az LHC detektorok bemutatásánál párhuzamot látunk a LEP analóg detektorrendszereivel.

Az LHC kísérleteit mutatja be a 3. fejezet 40 oldalban, indulva egy részletes bevezetővel, majd a második felében azokra a területekre fókuszálva, melyek tényleges saját hozzájárulásként jelennek meg. Ez utóbbiak a elektron- és fotonrekonstrukció az ATLAS-nál, valamint triggerrendszerek fejlesztése.

A 4. fejezet egy jól körülhatárolt, konkrét részecskefizikai méréseket jellemző mennyiség, a luminozitás mérését mutatja be az LHC-nél, melyhez a szerzőnek alapvetően jelentős volt a hozzájárulása. A precíz mérés eléréséhez nagyon összetett mérési- és kiértékelési rendszert kell felépíteni, majd összhangba hozni a gyorsító üzemeltetését a CMS kísérlet öt vagy hat egymástól egyébként messze eső detektorrendszerével – ez együtt a CMS BRIL projekt. A luminozitásmérésnek saját redundáns kiolvasórendszere fut, ami az aldetektorok kiolvasásától – akár meghibásodásától – független és része a gyorsító biztonsági rendszerének. A szerző a CMS luminozitás munkacsoportjának vezetője volt, jelenleg a CMS BRIL projektmenedzsere.

Tekintve hogy a luminozitásmérés közvetlenül jelenik meg minden nem relatív hatáskeresztmetszet mérésben, alapvető részecskefizikai mérésnek tekinthető, de önálló tézisponttá nem vált.

Az 5. szintén közel 40 oldalas fejezet a Higgs részecske felfedezését és precíziós mérési eredményeit mutatja be, kiváló összefoglalóként az LHC legszélesebb körben ismert, Nobel-díjas sikeréről. A téma részletes tárgyalása mellett a szerző a saját eredményeit is jól körülhatárolja, beleértve egy problematikus háttér-folyamat vizsgálatát, valamint az aránylag alacsony energiás elektronok

rekonstrukciójának javítását. Ez utóbbi azért fontos, mert a 125GeV-es Higgs tömeg miatt a 4 leptonos csatornában mindig megjelenik egy 15GeV transzverz impulzus alatti lepton.

A 6. fejezet a Standard Modell ellenőrzésének szinte kifogyhatatlan tárházát mutatja be, rendkívüli pontossággal és energiatartományban. Ezek közül különösen a Drell-Yan folyamat és a kétbozon-keltés releváns a szerző saját munkája szempontjából, utóbbiban kimutatva a vektorbozon hármis- és négyes csatolásokat a Standard Modell keretein belül. A SM ellenőrzési módjaira kifejezetten jó motivációt adnak a SM-en túli elméletek, amikben a szerző az általános keretekben megfogalmazott verziók mellett a SUSY elméletek speciális, sötétanyagot is potenciálisan megmagyarázó csoportját vizsgálta.

A dolgozat összességében hiteles és lényeges információkat tartalmaz, bemutatva az elmúlt közel 20 év sokrétű kutatási eredményeit három nagy CERN kísérletben is. A szerző 10 éve itthon végzi kutatómunkáját, kiemelkedő közéleti- és iskolateremtő tevékenység mellett.

A dolgozat 9 tézispontot tartalmaz, S1 – S4 illetve N1 – N5 számozással. A tézispontok a saját eredmények tematizálását és lehatárolását célozzák, ezért nem a disszertáció fejezeti sorrendjét követik. Ez a csoportosítás logikus de egyes helyeken aránytalanságokhoz vezet.

Az S1 tézispont leptonkeletkezést mutat be az LHC indulásánál történt mérésekben, nehéz kvarkok bomlásából, ezt új eredményként **elfogadom**.

Az S2 tézispontot elfogadom, a Higgs bozon felfedezését, precíziós méréseit valamint az ehhez tartozó háttér meghatározását tárgyalja.

Az S3 tézispont mértékbozonok párban való keltését és szóródását mutatja be, ezt **részlegesen fogadom el**. A tézispontban szerepel egy érdekes mérési lehetőség, azonos töltésű W pár keltés, ahol a QCD háttér is kisebb mint az ellentétes töltésű párok keltésénél. A tézispont 4. bekezdése ilyen mérés eredményeit és következményeit – kettős partonszórás – tárgyalja, de ez a dolgozatban alig kap szerepet. A 3.4-es, "Theoretical uncertainties" bevezető jellegű fejezetben kerül elő említés szinten, kvalitatív eredményeket bemutatva.

Az S4 tézispontot elfogadom, ami a Drell-Yan párkeltéshez kapcsolódó eredményeket tárgyalja.

Az N1 töltött Higgs-bozon kereséséről szóló tézispontot elfogadom.

Az N2 tézispontot részlegesen fogadom el. Bemutatásra kerülnek a BSM-beli semleges Higgs-bozonok, ahol a LEP eredmények mellett a tézispontban szerepel az LHC-n egy egzotikus WH keltési módus. Itt a Higgs részecske egy rejtett szektorba bomolhat, viszont a téma a dolgozatban csak néhány sort kap, ezért ennek részletesebb kifejtése szükséges.

Az N3 tézispontot elfogadom.

Az N4 tézispontot elfogadom.

Az N5 tézispontot elfogadom, ez utóbbi három tézispont az extra dimenziókat feltételező, illetve SUSY részecskék kereséséről szól a LEP-en és LHC-n.

Mindezek alapján a doktori művet nyilvános vitára alkalmasnak tartom és sikeres védelem esetén támogatom Pásztor Gabriella számára az "MTA doktora" cím odaítélését.

A disszertációhoz kapcsolódó kérdéseim a következők:

(1). A 4.2.1. fejezet (97. oldal) bemutatja a CMS luminozitásmérő rendszert, azaz a BRIL-t. Ennek része a Si pixel, a Muon Barrel, az FCal – ezek "standard" elemek a CMS-ben. Emellett a PLT, a BCM1F speciálisan luminozítás mérésre lettek építve. Mi az oka, hogy nem az utóbbiak, hanem a Si pixel (2015-16) és a HF (2017-22) voltak az "elsődleges" luminométerek a kísérletben?

(2) A "Z-counting" módszer lehetne-e pontosabb nagy adathalmazra, mint a VdM módszer? A LEP-nél is egy fizikai folyamat volt a luminozítás-mérés alapja, elvileg egy hosszabb mérési periódusban a "Z-counting" nagy statisztikával adna integrált luminozítást, teljesen más (kiseb?) szisztematikus hibával mint a standard VdM alapú módszerek.

(3) 6.2.3 fejezet bemutatja a mértékbozon-párkeltésben keresett rezonanciákat. Itt az egyik Z két neutrínóba bomlik, a másik (Z vagy W) egy szélesebb jet-et ad. Ugyanez a mérés elvégezhető-e a Z két müonos bomlása esetén, az ad-e érzékenyebb felső korlátot? Illetve, a széles részecskezapor nem bontható-e fel annyira (ha egyáltalán technikailag lehetséges, pl rögzítésre került-e minden adat), hogy két jet-ként értelmezve nagyjából mérhető legyen az invariáns tömeg – ezzel ki lehetne válogatni a W vagy Z tömeg környékét?

(4) Az S3 tézispont LHC-re vonatkozó része az azonos töltésű W pár keltésének méréséről, és ennek kettős-partonszórás szempontjából releváns következményeiről szól, ennek ellenére a téma kifejtése a dolgozatban nagyon lakonikusan, 3.4-es fejezetben mint elméleti bizonytalanság kerül elő. Milyen következtetés vonható le az ilyen folyamatból a proton partonszerkezetéről és a mögöttes eseményről (underlying event)? Illetve hasonló más folyamatokból ezzel konzisztens kép alakul-e ki? (pl hasonló átlagos transzverzális távolság). Hogyan kezelik ezt a fajta nem-perturbatív jelenséget a Monte-Carlo szimulációk?

A mérés esetén nyilvánvalóan adódik a pile-up mint kísérleti háttér. Ez mennyire releváns, mennyire elnyomható? (Pl egy W megjelenése esetén biztosan pontosabb az elsődleges vertex meghatározás, mint egy "átlagos" eseményben).

(5) Az 5.6-os, összefoglaló fejezet legvége említi egy rejtett szektorba bomló hipotetikus Higgs részecske keresését, ami az N2 tézispontban eredményként jelenik meg. Hogyan történt a mérés, és folytatódott-e azóta a folyamat vizsgálata az elmúlt években?

Budapest, 2024. szeptember 12.



Varga Dezső