

Dr hab. Andrzej Siodmok, prof. UJ
Faculty of Physics, Astronomy and Applied Computer Science
Jagiellonian University
Ul. Łojasiewicza 11
30-348 Kraków
Poland
e-mail: andrzej.siodmok@uj.edu.pl



Faculty
of Physics,
Astronomy
and Applied
Computer Science

22.05.2023, Kraków

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Magdaleny Kordiaczyńskiej pt.:
"In quest of doubly charged Higgs bosons at low and high energies"

Rozprawa doktorska mgr. Magdaleny Kordiaczyńskiej pt. "In quest of doubly charged Higgs bosons at low and high energies" dotyczy problematyki poszukiwania dodatkowych cząstek skalarnych poza Modelem Standardowy. W pracy autorka rozważa model z trypletem pól Higgosa (HTM), który nie jest ograniczony przez tzw. symetrię opiekuńczą oraz minimalny model symetryczny lewo-prawo (MLRSM). Obydwa modele przewidują istnienie podwójnie naładowanego bozonu Higgosa $H^{\pm\pm}$, którego masa sięga setek gigaelektronowoltów. Autorka w pracy koncentruje się na przypadku produkcji $H^{\pm\pm}$ w zderzeniach electron-pozytron (e^+e^-) oraz proton-proton (p-p) i ich rozpadem na cztery naładowane leptony. Głównym celem rozprawy jest pokazanie, iż odkrycie sygnałów leptonowych pochodzących od bozonów skalarnych $H^{\pm\pm}$ ponad tło Modelu Standardowego w obu modelach jest możliwe, a ponadto modele te mogą być rozróżnione przy identyfikacji czterech leptonów w stanie końcowym dla określonego zakresu parametrów modeli.

Rozprawa napisana jest w języku angielskim, liczy 109 stron i składa się z pięciu rozdziałów, po których znajduje się pięcioczęściowy dodatek, a na końcu zamieszczona jest bogata bibliografia licząca 222 pozycji. Jak zaznaczono na początku dokumentu, rozprawa opiera się na artykułach (opublikowanych w

ul. prof. Stanisława
Łojasiewicza 11
PL 30-348 Kraków
tel. +48(12) 664-48-90
fax +48(12) 664-49-05
e-mail:
wydzial.fais@uj.edu.pl

prestżowych czasopismach takich jak Journal of High Energy Physics, Physical Review D oraz Chinese Physics C) oraz wystąpieniach konferencyjnych, w sumie lista ta zawiera sześć pozycji. Niestety nie znalazłem w dokumencie odnośnika do pracy [3] z tej listy, dlatego nie jest jasne czy stanowi ona integralną część rozprawy.

W rozdziale 1 stanowiącym wstęp autorka jasno i przejrzysto przedstawia Model Standardowy (MS) cząstek elementarnych, interesująco opisuje historię jego powstania oraz odkryć poszczególnych cząstek MS. Szczególną uwagę autorka poświęciła roli Bozon Higgsa w Modelu Standardowym, historii jego odkrycia, a także obecnej wiedzy na temat jego własności, które są zgodne z przewidywaniami MS. We wstępie zabrakło mi przede wszystkim podania motywacji do badań przedstawionych w rozprawie. Dopiero w rozdziale 3 autorka poświęciła więcej uwagi na opisanie uzasadnienia dla swoich studiów.

W rozdziale 2 autorka zwięźle przedstawia przeszłe, obecnie działające, a także planowane eksperymenty wysokich energii, które mogą odkryć lub ustanowić limity na parametry rozważanych w pracy teorii poza Modelem Standardowym. W pracy autorka koncentruje się na zderzeniach e^+e^- i p-p, natomiast pod koniec rozdziału wspomniane jest, iż studia nad podwójnie naładowanym bozonem Higgsa były już prowadzone w kontekście zderzeń elektron-proton, podając referencje do odpowiedniej publikacji. Interesujące byłoby przedstawienie dokładniejszej motywacji, dlaczego te dane zostały pominięte w niniejszej rozprawie.

Rozdział 3 zaczyna się krótką motywacją do prowadzenia badań nad fizyką poza Modelem Standardowym (BSM), wymieniając między innymi brak w Modelu Standardowym dobrego kandydata na ciemną materię. Możliwe rozwiązanie tego ważnego problemu oferują między innymi modele "Left-Right Symmetric Model" (MLRSM) and the Higgs Triplet Model (HTM). Modele te, stanowią rdzeń rozprawy, dlatego zostały dokładniej przedstawione w niniejszym rozdziale. Ponieważ istnieje znacznie więcej modeli, które próbują rozwiązać podobne problemy, brakuje mi tutaj szerszego kontekstu i motywacji dlaczego autorka uważa właśnie te dwa modele za szczególnie interesujące. W tym rozdziale omawiane są także teoretyczne ograniczenia na wspomniane wyżej modele opierające się między innymi na unitarności i stabilności próżni. W tym kontekście autorka definiuje przydatne wielkości takie jak parametry ρ , S , T , U , które będą wykorzystane w dalszej części pracy. Niestety, niektóre obiekty w równaniach opisujące te parametry, takie jak na przykład Θ_W czy c_W , nie zostały zdefiniowane.



JAGIELLONIAN
UNIVERSITY
IN KRAKÓW

Faculty
of Physics,
Astronomy
and Applied
Computer Science

W kolejnym rozdziale autorka wykorzystuje bogaty zbiór danych eksperymentalnych, pochodzących między innymi z pomiarów prowadzonych w LEP, Tevatron i LHC, a także mierzących oscylacje neutrin czy współczynnik $(g-2)_\mu$ by ograniczyć parametry modeli rozważanych w pracy. Nie jest to zadanie łatwe, ponieważ modele, a w szczególności MLRSM, mają dużą liczbę parametrów. Rozdział ten jest momentami mało przejrzysty i czasami trudny do zrozumienia. Autorka jednak z dużą pomysłowością używa ograniczeń teoretycznych jak i danych eksperymentalnych zarówno w zderzeniach wysoko energetycznych jak i tych zebranych przy niskich energiach by wybrać zestaw parametrów, w taki sposób by była szansa na obserwację rozważanych cząstek w obecnie działających lub planowanych zderzaczach cząstek. Następnie autorka klasyfikuje i analizuje kanały rozpadów podwójnie naładowanego bozonu Higgsa $H^{\pm\pm}$, tak aby oszacować dolne granice jego masy. Pokazuje, że w obu modelach dominują rozpady leptonowe, ale dla kompletności pokrótce, bazując na pracy [3] z listy publikacji, omówione są także kanały dwubozonowe. Dużą zaletą rozpadów na pary leptonów o tym samym ładunku jest to, iż leptony takie łatwo zaobserwować eksperymentalnie i mają wyróżniające się własności kinematyczne. Własności te zostały wykorzystane do konstrukcji odpowiednich cięć eksperymentalnych, tak by ograniczyć tło Modelu Standardowego jak i móc rozróżnić oba modele. Końcowym rezultatem pracy jest pokazanie, że w przypadku kanałów leptonowych, rozpady na miony mają znacznie większy potencjał na odkrycie i rozróżnienie modeli niż kanał elektronowy (kanał na rozpady leptonów tau nie był studiowany). W tym rozdziale interesujące byłoby przeanalizowanie jak wyniki otrzymane w pracy zależą od wyboru większej ilości punktów referencyjnych. Bardziej konkretne pytanie jakie można zadać, to na przykład, dlaczego w sekcji 4.2 autorka przyjmuje dla zobrazowania wielu wyników $v_R = 8$ TeV. Zabrakło też szczegółowej dyskusji, dlaczego i jak zostały wybrane konkretne kryteria selekcji przypadków, które są tylko wymienione w dodatku A.1.

Rozdział 5 zawiera trafne i wyczerpujące podsumowanie pracy oraz wyszczególnione w punktach najważniejsze wyniki uzyskane w rozprawie.

Merytorycznie niniejsza praca jest na dobrym poziomie. Autorka trafnie przedstawił cele podjętych badań, a postawione w rozprawie zadania zakończyły się sukcesem. Następnie porównała dwa modele: MLRSM oraz HTM, przeanalizowała możliwe wartości ich parametrów wynikające z ograniczeń teoretycznych i eksperymentalnych. W końcu bazując na symulacjach Monte Carlo używając programów MadGraph i Pythia, udało się jej skonstruować zestaw cięć eksperymentalnych pokazujących, iż w przypadku obserwacji podwójnie naładowanej cząstki skalarnej jest szansa na rozróżnienia tych dwóch modeli.

ul. prof. Stanisława

Łojasiewicza 11

PL 30-348 Kraków

tel. +48(12) 664-48-90

fax +48(12) 664-49-05

e-mail:

wydzial.fais@uj.edu.pl

Praca ma różne drobne braki i niedociągnięcia. Przykładowo literówki na stronie 4, "ot the potential" powinno być "of the potential", strona 8 "ssociated" powinno być "associated", strona 40 sekcja 4.2 zaczyna się od "tThe", a oczywiście powinna zacząć się od przedimka "The". Nie obniżają one jednak znacząco jej wartości naukowej. Od strony kompozycyjno-edytorskiej praca jest na bardzo dobrym poziomie z jasnym podziałem na rozdziały, podrozdziały i dodatek, z przejrzystymi diagramami, wykresami i tabelami, wyczerpującymi referencjami oraz właściwym doбором czcionek.

Moim zdaniem rozprawa spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim i wnioskuję o dopuszczenie mgr Magdalenę Kordiaczyńską do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Andrzej Siódmo

Dr hab. Andrzej Siódmo, prof. UJ