

Prof. dr hab. Marek Zrałek
Instytut Fizyki
Uniwersytetu Śląskiego

Katowice 25.05.2016

**Recenzja pracy doktorskiej mgr Bogumiły Natalii Świeżewskiej
pt.
„Higgs Boson and Vacuum Stability in Model with Extended Scalar Sector”**

Praca doktorska mgr Bogumiły Świeżewskiej poświęcona jest badaniu rozszerzenia Modelu Standardowego (MS) w którym sektor Higgsa, zamiast tradycyjnie jednego dubletu cząstek skalarnych, zawiera dwa takie dublety. Na obecnym etapie rozwoju teorii oddziaływań fundamentalnych badanie rozszerzeń MS jest rzeczą naturalną a nawet konieczną. Wskazuje na to niemożliwość wyjaśnienia w ramach MS kilku podstawowych kwestii teoretycznych, gdzie tradycyjnie wymienia się tzw. problem hierarchii, zbyt słabe łamanie symetrii CP konieczne do wyjaśnienia dominacji materii nad antymaterią we Wszechświecie, a także metastabilność stanu próżni. Rozszerzenie MS, które mgr Bogumiła Świeżewska rozpatruje w swojej pracy doktorskiej jest jednym z najprostszych, sektor Higgsa powiększa się o trzy nowe cząstki, dwie neutralne i jedną naładowaną. Ostatnie doniesienia z LHC o możliwości obserwacji nowych rezonansów o masie rzędu 750 GeV uwiarygadniają hipotezę powiększonego sektora Higgsa.

Recenzowana praca doktorska napisana jest w języku angielskim na ponad 180 stronach, zawiera wstęp, 5 rozdziałów roboczych i podsumowanie. Prócz tego szczegóły rachunkowe zostały przedstawione w 4 obszernych uzupełnieniach i na końcu podany bardzo wyczerpujący spis literatury (225 pozycji). Warto już na wstępie wspomnieć, iż mgr Bogumiła Świeżewska jest autorką 5 prac, w tym dwóch samodzielnych, opublikowanych w bardzo dobrych międzynarodowych czasopismach. Oprócz tego występowała na wielu konferencjach, czego owocem jest 10 prac opublikowanych w materiałach konferencyjnych. Wszystkie prace i materiały konferencyjne są poświęcone tematyce poruszanej w pracy doktorskiej. Praca jest napisana bardzo precyzyjnie, wyjaśnionych zostało szereg rzeczy, które trudno znaleźć w literaturze. Znalazłem niewiele błędów, są to drobne błędy literowe, których nie ma potrzeby przytaczać.

Rozdział 1 jest wstępem do tematyki pracy. Jest krótki, ale zawiera wszystkie potrzebne informacje, a więc ogólną charakterystykę rozszerzenia MS z podwójnym dubletem cząstek Higgsa, oraz krótki przegląd poszczególnych rozdziałów pracy, oraz czterech końcowych dodatków.

Rozdział 2 jest ważnym wprowadzeniem teoretycznym do dwu-dubletowego rozszerzenia sektora Higgsa MS (2HDM). Podaje Lagrangian modelu, ogólny

potencjał cząstek Higgsa z różnymi symetriami, omawia sposoby spontanicznego łamania symetrii oraz dwa rodzaje modeli 2HDM. Pierwszy zwany „*mixed*”, gdzie obydwa dublety cząstek Higgsa posiadają niezerową wartość próżniową v_S oraz v_D oraz drugi „*inert*”, w którym tylko jedna wartość próżniowa v_S lub v_D jest niezerowa. Rozdział jest napisany bardzo poglądowo. Jedyną rzecz jaką Autorka pominęła to sprecyzowanie dwóch typów członów Yukawy. Została dodana jedynie ich symetria. W dalszej dyskusji prądów neutralnych zmieniających zapach jawna postać tych członów byłaby bardzo wskazana.

Kolejny rozdział 3 poświęcony jest ograniczeniom na parametry omawianego modelu. Ograniczenia takie pochodzą z dwóch źródeł. Pierwsze to ogólne ograniczenia teoretyczne, potencjał musi być dodatnio określony, próżnia powinna być stabilna i model musi dawać unitarną macierz S w dowolnym rzędzie rachunku zaburzeń. Wynikające stąd ograniczenia Autorka przedstawia w podrozdziale 3.1. Kolejne, bardzo ważne ograniczenia na parametry modelu, wynikają z obecnych danych doświadczalnych, a więc z precyzyjnych testów elektroślabych, z ograniczeń w dawnym eksperymencie LEP i obecnym LHC, ograniczeń wynikających z braku prądów zmieniających zapach (podrozdział 3.2) i wreszcie z bezpośrednich pomiarów i braku obserwacji cząstek ciemnej materii (podrozdział 3.3). Kolejne dwa podrozdziały to zebranie ograniczeń na parametry w modelach 2HDM(*mixed*) oraz (*inert*).

Rozdział 4 bada własności bozonu Higgsa w modelu typu „*inert*”. Analiza ta jest szczególnie ważna, gdy bada się czy odkryty w LHC w 2012 roku bozon skalarny jest faktycznie bozonem MS . Na dzień dzisiejszy rozbieżności nie ma, ale tak czy inaczej można parametry badanego modelu ograniczyć i czekać na bardziej precyzyjne dane gdyż może się okazać, że MS nie wystarczy. Autorka bada dokładnie rozpad bozonu Higgsa na dwa fotony, na foton i cząstkę Z , bada niewidoczną część szerokości połówkowej rozpadu cząstki Higgsa. W ostatnim podrozdziale została przeprowadzona analiza ograniczeń parametrów modelu typu „*inert*” wynikające z obserwowanych własności odkrytych w LHC bozonów Higgsa.

Dwa kolejne rozdziały 5 oraz 6 badają problem stabilności próżni w modelu typu „*inert*”. Najpierw w rozdziale 5 Autorka wprowadza potencjał efektywny i bada jego własności. W szczególności analizuje jaki wpływ na potencjał efektywny mają różne cząstki w pierwszym rzędzie rachunku zaburzeń, po wprowadzeniu poprawek pętlowych. Autorka przyznaje, iż materiał tu podany opisuje dobrze znane fakty, które można znaleźć w wielu podręcznikach i przedstawia go tutaj dla wygody czytelnika. Zasadniczy jest kolejny rozdział 6 bazujący na dwóch pracach Autorki. Pokazano, że dodatkowe ciężkie cząstki modelu i poprawki pętlowe z nimi związane mogą w zasadniczy sposób zmienić stabilność próżni.

Rozdział 7 zawiera posumowanie i wnioski, a w szczególności przedstawiona jest analiza rozwoju sytuacji przy lepszej statystyce danych doświadczalnych w LHC.

Na końcu pracy mgr Bogumiła Świeżewska przedstawia 4 dodatki, w których bardzo szczegółowo analizuje zakres zmienności kątów mieszania przy diagonalizacji macierzy masowej (dodatek A), podaje szerokości połówek na różne kanały rozpadu bozonu Higgsa (dodatek B), procedurę regularyzacji wymiarowej dla jedno-pętlowych wkładów do potencjału efektywnego (dodatek C) oraz energie własne cząstek skalarnych w modelu typu „*inert*” (dodatek D).

Recenzowana rozprawa doktorska dokumentuje ogromny nakład pracy Autorki. Wymagała też dużych umiejętności w posługiwaniu się różnymi komputerowymi programami do analiz numerycznych. Oprócz tego mgr Bogumiła Świeżewska udowodniła, że w dobrym zakresie poznała fizykę Modelu Standardowego i jego bardzo popularne uogólnienie powiększające sektor bozonów Higgsa. Na moją świetną ocenę pracy ma wpływ fakt, że duża część materiału zawartego w rozprawie bazuje na opublikowanych pracach (dwóch monoautorskich) w bardzo dobrych czasopiśmie naukowych.

Pracę oceniam jako bardzo dobrą i wnoszę o dopuszczenie mgr Bogumiły Natalii Świeżewskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Uważam poza tym, że praca powinna zostać wyróżniona i stawiam taki wniosek.

Marek Zrałek

