

Dr Kuli

Dziekanat Wydziału Fizyki UW
Seksja ds. pracowniczych
Wpłynęło dn. 28.10.14
podpis *[signature]*

Prof. dr hab. Marek Zrałek
Instytut Fizyki
Uniwersytetu Śląskiego

Katowice 19.10.2014

Recenzja pracy doktorskiej pt.

„Lepton Flavour Violation in the extension of the Standard Model”

mgr Saereh Najjari

Praca doktorska poświęcona jest badaniu procesów z udziałem leptonów, w których łamana jest rodzinna liczba leptonowa. Autorka jest doktorantką w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Jest autorką dwóch publikacji i dwóch wystąpień konferencyjnych. Recenzja zostanie podzielona na dwie części. W pierwszej opisuję treść pracy i ważność podjętej tematyki, w drugiej zostały zawarte moje uwagi krytyczne dotyczące samej pracy.

Tematyka prezentowana w pracy doktorskiej jest obecnie bardzo ważna i podejmowana w wielu dobrych ośrodkach naukowych. Wiadomo, że przejścia pomiędzy kwarkami różnych generacji (procesy ze zmianą zapachu kwarków) są normalne i opisywane w Modelu Standardowym (MS) macierzą Cabibbo – Kobayashi – Maskawy. Takie przejścia spełniają pewne reguły wyboru, w najniższym rzędzie rachunku zaburzeń są możliwe tylko procesy ze zmianą zapachu F , $\Delta F = \pm 1$ i ładunku. W szczególności brak procesów z $\Delta F = 0$ tzw. neutralnych zmieniających zapach (FCNC). Wyszczególnione procesy mogą mieć miejsce w drugim rzędzie, przez to są rzadkie ale obserwowane. Tzw. mechanizm GIM powoduje, że odpowiednie przekroje czynne są proporcjonalne do $\left(m_q/m_W\right)^4$ a masy kwarków (bez kwarku t) nie są bardzo małe w porównaniu z masą bozonu W . Podobne mieszanie ma miejsce także w sektorze leptonowym. Ale jest jedna zasadnicza różnica, teraz odpowiedni stosunek $\left(m_\nu/m_W\right)$ jest mniejszy niż 10^{-10} , co powoduje, że odpowiednie procesy leptonowe są wiele rzędów wielkości poza obecną możliwością obserwacji. Ograniczenia na obecne procesy leptonowe ze zmianą zapachu są bardzo dobre (np. nieobserwowany proces rozpadu mionu $\mu \rightarrow e + \gamma$ ma stosunek rozpadu $BR \leq 5.7 \times 10^{-13}$) a w niedalekiej przyszłości będą jeszcze lepsze o kilka rzędów wielkości. Ich obserwacja da informacje o konieczności rozszerzenia MS i może to nastąpić szybciej niż w wysoko-energetycznych procesach hadronowych np. w LHC. Widać więc, że tematyka podjęta w doktoracie jest obecnie bardzo ważna.

Praca oprócz wstępu i zakończenia zawiera 5 rozdziałów i 3 uzupełnienia. Najpierw (rozdział 2) opisuje łamanie symetrii zapachowej w MS powodowane niezerową masą neutrin i opisuje dwa możliwe procesy, radiacyjny rozpad cięższego leptonu $l_i \rightarrow l_j \gamma$ i jego rozpad na trzy lżejsze leptony naładowane $l_i \rightarrow l_j l_k l_l$.

Rozdział 3 przedstawia niezależne od modelu rozszerzenie MS w języku efektywnych operatorów. Operator o wymiarze 5 modyfikuje masę neutrin. Praca

koncentruje się na operatorach o wymiarze 6, które dla leptonów naładowanych a nie tylko dla neutrin, mogą opisywać procesy łamiące rodzinną liczbę leptonową.

Trzy kolejne rozdziały poświęcone są procesom, które potencjalnie można będzie poszukiwać w przyszłych eksperymentach leptonowych. Rozdział 4 opisuje radiacyjny rozpad cięższego leptonu i związane z tym jego dwie elektromagnetyczne charakterystyki, anomalny moment magnetyczny i moment elektryczny. Ten pierwszy moment jest obecnie bardzo precyzyjnie mierzony (dla elektronu i mionu) i teoretycznie obliczany w ramach MS wykazując dobrą zgodność dla elektronu i niewielką, ale znaczącą rozbieżność dla mionu. Moment elektryczny leptonów naładowanych (znikający w MS przy braku łamania symetrii CP w sektorze leptonowym) jest też bardzo dobrze ograniczony eksperymentalnie. Rozdział 5 poświęcony jest różnym trójciałowym rozpadom mionu i leptonu τ . Bardzo dobra jest analiza na końcu tego rozdziału pokazująca jakie informacje o współczynnikach Wilsona można wyciągnąć ze wspólnej analizy różnych pomiarów rozpadu leptonów. Rozdział 6 opisuje procesy łamiące zapach w prądach neutralnych $Z \rightarrow l_i^+ l_k^-$, ($k \neq i$). Tutaj także na końcu rozdziału omówiona jest sytuacja, gdy będziemy mierzyć wiele różnych procesów łamiących rodzinną liczbę leptonową poza oscylacją neutrin.

Tak więc co do treści pracy nie mam żadnych uwag krytycznych. Zajmuje się bardzo ważną problematyką i poza małymi błędami edytorskimi jest dobrze napisana.

A teraz odnośnie moich uwag krytycznych mam jedną zasadniczą. Otóż praktycznie cała praca doktorska, poza małymi wyjątkami, opiera się na pracy [1] (zgodnie z numeracją użytą w spisie literatury). Wszystkie istotne wzory są przepisane z tej publikacji. Nie pojawia się żadne dodatkowe wyjaśnienie. W zasadzie cała praca to przytaczanie gotowych wzorów zaczerpniętych z literatury. Także duże fragmenty tekstu doktoratu są *in extenso* zaczerpnięte z pracy [1]. Mogę sobie taką sytuację wyobrazić, gdy udział Autorki w tej podpisanej przez trzech autorów pracy był bardzo znaczący. Na to pytanie jedynie promotor może odpowiedzieć. Zakładam, że faktycznie taka sytuacja ma miejsce, stąd moja końcowa opinia o doktoracie będzie pozytywna.

A teraz kilka uwag szczegółowych z których jedynie wynika, że doktorantka niezbyt uważnie przeczytała końcową wersję pracy:

- ograniczenia na stosunki rozpadów dla procesów łamiących dla naładowanych leptonów rodzinną liczbę leptonową obliczone w MS z masywnymi neutrinami są różnie w pracy podawane: 10^{-56} (str. 10), 10^{-55} (str. 20), 10^{-51} (str. 18),

- w równaniu (2.20), (2.24) błędne są indeksy czterowektorowe,

- równanie (2.22) nie jest poprawne,

- diagramy Feynmana na Rys. 2.2, Rys. 4.2 i Rys. 4.3 nie są precyzyjnie objaśnione. W części diagramów na Rys. 2.2 brak linii fotonowych. Na wszystkich rysunkach nie objaśniono co oznacza symbol G, nie podano, że są to cząstki Goldstona, że diagramy podano w dowolnym cechowaniu i część z nich znika w cechowaniu unitarnym,

- symbol G_μ w pierwszym zdaniu na str. 20 oznacza stałą Fermiego a więc G_F ,

- w rozdziale 4 pojawia się podwójne numerowanie wzorów, zobacz str. 30 i 39,

- w bardzo wielu miejscach pracy współczynniki Wilsona nie są precyzyjnie objaśnione np. w równaniu (5,6) i (5.13),

- na stronie 34 pojawia się uzupełnienie 6, nie ma takiego w pracy, chodzi o uzupełnienie C,

- w Uzupełnieniu A w pierwszym wierzchołku Feynmana w różny sposób oznaczone są stałe sprzężenia,

-- w pozostałych uzupełnieniach B i C Autorka zupełnie nie podaje literatury skąd zaczerpnęła wszystkie wzory.

Z nadzieją, że Autorka wyjaśni na obronie wszystkie mankamenty, które podałem, oceniam pracę jako pozytywną i wnoszę o dopuszczenie mgr Saereh Najjari do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Marek Zrałek