

Dr hab. Seweryn Kowalski
Instytut Fizyki
Uniwersytet Śląski w Katowicach

Recenzja pracy doktorskiej Pana mgr. Grzegorza Żarneckiego pt.

„Measurement of the charged current muon antineutrino single π^- production cross section at T2K”

Fizyka neutrin wydaje się być obecnie jedną z bardziej dynamicznie rozwijających się gałęzi nauki zajmujących się badaniem podstawowych oddziaływań w przyrodzie. Od czasu zaproponowania przez W. Pauli’ego hipotetycznej cząstki o nazwie neutrino, której istnienie pozwalało wyjaśnić ciągłe widmo rozkładu β , poprzez eksperymentalne potwierdzenie neutrina przez Frederic Reines i Clyde Cowan, badania związane z procesami w których biorą udział te cząstki pozwoliły lepiej zrozumieć ich naturę oraz wyjaśnić sposoby ich oddziaływania. Mimo tego, pozostaje jeszcze wiele pytań na które nie znamy odpowiedzi: jaką masę posiadają neutrina? Co jest powodem ich oscylacji? Jak przebiegają procesy oscylacji neutrin? Czy są tylko 3 stany masowe? Czy też istnieje inny stan? Zagadnienia związane z fizyką neutrin są szeroko realizowane zarówno w badaniach teoretycznych jak i eksperymentalnych. Jednym z wiodących eksperymentów zajmujących się tą tematyką jest eksperyment T2K zlokalizowany w Japonii. Do głównych zadań badawczych tego eksperymentu należy pomiar oscylacji neutrin. Parametry oscylacji są określane na podstawie danych zebranych przez tzw. układ detekcyjny bliski i układ detekcyjny daleki.

W przedstawionej do recenzji pracy autor podjął się realizacji jednego z zadań eksperymentalnych realizowanych na detektorze bliskim – określenia przekroju czynnego na produkcje pionu (π^-) w oddziaływaniu antyneutrin mionowych ($\bar{\nu}_\mu$) w materiale scyntylicyjnym detektora bliskiego (ND280). Dane, wykorzystane w rozprawie, pochodzą z kampanii pomiarowych realizowanych w latach 2014 – 2018 i składają się na próbkę ponad 10^{20} protonów padających na produkcyjną tarczę. Wyniki są zaprezentowane w przestrzeni pędu mionu i jego kąta emisji względem osi wiązki. Ponadto określony został całkowity przekrój czynny na to oddziaływanie.

Przestawiona rozprawa doktorska składa się z sześciu rozdziałów, podsumowania i załączników, zawiera 204 strony.

W rozdziale pierwszym znajdziemy krótkie omówienie podstawowych zagadnień związanych z fizyką neutrin: oscylacje, oddziaływania z materią. Ponadto Autor zamieścił tutaj opis opracowywanego kanału oddziaływania neutrin jak i definicje przekroju czynnego w oparciu o pomiary wykonane z wykorzystaniem detektora bliskiego. Rozdział drugi to głównie opis układu detekcyjnego. Rozpoczynając od opisu całego eksperymentu T2K, a kończąc na podsumowaniu zebranych danych. Znajdziemy tutaj także szczegółowy opis detektora

Dr hab. Seweryn Kowalski
Instytut Fizyki
Uniwersytet Śląski w Katowicach

bliskiego ND280, który jest podstawowym układem pomiarowym dla danych opracowanych w tej rozprawie. Rozdział trzeci to wstępna część analizy danych. Autor opisuje tutaj tzw. cięcia - ich zastosowanie pozwala na wyodrębnienie tylko interesujących przypadków. To tutaj autor wykonuje analizę pozwalającą określić w jaki sposób np. tło wpływa na jakość sygnału. W rozdziale czwartym znajdziemy próbę oszacowania systematycznych niepewności wynikających z samego detektora, określenia strumienia neutrin jak i modelowania ich oddziaływania. W rozdziale piątym opisana jest procedura określania przekroju czynnego. Opiera się ona na dopasowaniu metodą estymacji parametrów założonej funkcji gęstości rozkładu prawdopodobieństwa poprzez maksymalizację funkcji wiarygodności (likelihood). Dużą część rozdziału Autor poświęca także na wybór sposobu podziału rozpatrywanej przestrzeni ($p_\mu; \cos \theta_\mu$), a później na sprawdzenie tej metody. Rozdział szósty zawiera opis metody określania przekroju czynnego jak i otrzymane wyniki. Znajdziemy tu także porównanie z teoretycznymi przewidywaniami obliczonymi kodem NEUT v5.4.0 i GENIE v2.8.0. Ostatnim ważnym elementem pracy jest podsumowanie, autor pokusił się także o zawarcie w tym rozdziale możliwych metod ulepszenia wykonywanych pomiarów tak by możliwe stało się zmniejszenie niepewności systematycznych.

Struktura pracy jest bardzo czytelna rozdziały od trzeciego do szóstego opisują analizę wykonaną przez Autora podczas gdy dwa pierwsze są ogólnym wstępem do przeprowadzonej analizy.

W moim przekonaniu przedstawiona do recenzji praca nie zawiera błędów merytorycznych, a zaprezentowana analiza danych została wykonana poprawnie i z bardzo dużą skrupulatnością. Wkład pracy poświęcony na przeprowadzanie analizy, przygotowanie cięć, określenie niepewności jak i testy metody dopasowania wskazują na duże zaangażowanie autora i znajomość wszystkich aspektów związanych z analizą danych w eksperymentach fizyki jądrowej. W swoich analizach autor wykorzystuje pakiet danych przygotowanych przez współpracę T2K, jednakże brak jest informacji czy metoda jak i zaproponowane rozwiązania w jakiś sposób mogłyby zwiększyć zasób możliwych przyszłych metod analizy danych współpracy T2K i zostać wykorzystane przez innych członków współpracy.

Na podkreślenie zasługuje fakt przeprowadzania dodatkowych testów walidujących metodę dopasowania, Autor szczegółowo je opisuje w rozdziale 5.3 jak i w załączniku B. Swoim tematem praca jest wpisana w program badaczy detektora bliskiego i trochę szkoda, że autor nie pokusił się w rozdziale opisującym detektor o skrótowe przybliżenia całego programu badawczego (określania przekrojów czynnych) dla tego detektora, znajdujemy tam tylko odnośnik do prezentacji.

W pracy znalazłem kilka nieistotnych błędów edytorskich np.:

- tytuły tabel znajdują się pod nimi, a nie jak to jest przyjęte nad tabelą
- brak jest opisów osi na wykresach (np. 5.10, 5.11, 5.22, 6.6 (wykres dolny), 6.9)

Dr hab. Seweryn Kowalski
Instytut Fizyki
Uniwersytet Śląski w Katowicach

Błędy te nie wpływają na jakość jak i moją ocenę pracy.

Rozprawa została napisana w języku angielskim w sposób jasny i zrozumiały aczkolwiek nie czyje się kompetentny do oceny tej strony dysertacji.

Podsumowując rozprawa doktorska Pana mgr. Grzegorza Żarneckiego wnosi niezaprzeczalny wkład w uzyskane dane fizyczne współpracy T2K. Określne wartości przekroju czynnego pozwalają na bardziej dokładne oszacowanie strumienia neutrin wykorzystywanych pomiarów ich oscylacji. Ponadto, otrzymane wyniki eksperymentalne pozwalają na weryfikację modeli opisujących oddziaływanie neutrin. Autor wprowadził metody analizy danych pozwalające na wyselekcjonowanie interesujących przypadków od tzw. tła (metoda Z-range). Szczegółowa analiza niepewności pomiarowych wskazała bezpośrednio na elementy stanowiące ich największe źródło (wtórne oddziaływania pionów) w pracy autor proponuje metodę zmniejszenia tej niepewności. Ostatecznie wykonane zostały obliczenia podwójnie różniczkowego przekroju czynnego w możliwie dostępnym zakresie pędu i kąta, a na ich podstawie określony został całkowity przekrój czynny, którego wartości zgadzają się (w granicach błędu) z niektórymi modelami teoretycznymi.

Po takim podsumowaniu wniosek może być tylko jeden: na podstawie przedłożonej do recenzji pracy doktorskiej Pana mgr. Grzegorza Żarneckiego pt. „Measurement of the charged current muon antineutrino single π^- production cross section at T2K” stwierdzam, że rozprawa spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję o dopuszczenie doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Seweryn Kowalski