

dr hab. Justyna Łagoda  
Narodowe Centrum Badań Jądrowych  
ul. Sołtana 1, Otwock

Warszawa, dn. 11.01.2019 r.

DZIEKANAT WYDZIAŁU FIZYKI  
WPLYNĘŁO

2019 -01- 10 *JB*

## Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym pani dr Katarzyny Grzelak

Pani dr Katarzyna Grzelak przedstawiła rozprawę habilitacyjną zatytułowaną: *Standard and Non-standard Neutrino Oscillations Involving Tau Neutrinos*, w formie monografii wydanej przez Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, oraz dokumentację dorobku naukowego zawierającą autoreferat, wykaz opublikowanych prac naukowych, dodatkowe informacje na temat działalności naukowej i dydaktycznej oraz list od przewodniczącego współprac MINOS i MINOS+.

Dr Grzelak ukończyła studia w zakresie fizyki na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego w 1993 roku broniąc pracę dyplomową zatytułowaną *Badanie możliwości detekcji mezonu  $\phi$  w eksperymencie NA49*, wykonaną pod kierunkiem prof. Heleny Białkowskiej. Następnie habilitantka odbyła studia doktoranckie na Wydziale Fizyki UW, a w 2000 roku obroniła pracę doktorską pt. *Two-photon production of charged meson pairs at LEP* pod kierunkiem prof. Krzysztofa Doroby.

W latach 2003-2005 dr Grzelak odbyła staż podoktorski na University of Oxford, na który uzyskała stypendium europejskie w ramach programu Marie Curie Individual Fellowships. Po powrocie kontynuowała pracę na Wydziale Fizyki UW, w czasie której uzyskała roczny europejski grant reintegracyjny oraz dwa polskie granty na własne projekty badawcze.

Większość dorobku habilitantki po doktoracie jest związana z fizyką neutrin. Dr Grzelak od 2003 roku jest członkinią współpracy MINOS (i później MINOS+). MINOS był międzynarodowym eksperymentem z długą bazą, badającym oscylacje neutrin mionowych z wiązki produkowanej przy akceleratorze w ośrodku Fermilab i rejestrowanych w dwóch detektorach: bliskim 1 km od źródła neutrin i dalekim w odległości 735 km. Eksperyment zbierał dane z wiązką o niższej energii ( $\sim 3$  GeV) w latach 2005-2012, a następnie kontynuował działalność jako MINOS+ z wiązką o wyższej energii ( $\sim 6.5$  GeV) w latach 2013-2016. MINOS/MINOS+ dostarczyły wielu precyzyjnych pomiarów dotyczących parametrów oscylacji neutrin w modelu trójzapachowym, postawiły również bardzo silne ograniczenia na parametry oscylacji w modelu 3+1, w którym postuluje się istnienie tzw. neutrina sterylnego.

Dr Grzelak była zaangażowana w różnorodną aktywność: od udziału w konstrukcji bliskiego detektora eksperymentu, poprzez rozwój narzędzi rekonstrukcji, opracowywanie metod selekcji interesujących oddziaływań, udział w zbieraniu danych, a kończąc na prowadzeniu własnych analiz fizycznych. Wyniki swoich studiów związanych z poszukiwaniem neutrin taonowych powstających w wyniku oscylacji habilitantka zebrała w postaci monografii przedstawionej jako osiągnięcie naukowe.

### Ocena osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe dr Grzelak przedstawiła monografię pt. *Non-standard Neutrino Oscillations Involving Tau Neutrinos*, która stanowi podsumowanie jej pracy w ramach eksperymentów MINOS i MINOS+.

Rozprawa składa się ze pięciu rozdziałów, podsumowania, dwóch dodatków i bibliografii. Poniżej krótko omówię poszczególne rozdziały, uwzględniając moje do nich uwagi.

Rozdział I wprowadza czytelnika w podstawowe zagadnienia dotyczące fizyki neutrin, ze szczególnym uwzględnieniem procesów dotyczących neutrina taonowego, oraz przedstawia krótko historię i motywacje stojące za hipotezą neutrin sterylnych. Podaje również wkład habilitantki w wyniki przedstawione w rozprawie.

Obszerny rozdział II rozpoczyna się od przedstawienia modelu oscylacji neutrin, poczynając od oscylacji 3-zapachowych, poprzez efekty materii, aż do wprowadzenia neutrin sterylnych. Omówione są też możliwe mechanizmy generacji mas neutrin oraz wyniki eksperymentalne, które są wskazówkami, że neutrina sterylne mogą istnieć. W części poświęconej globalnym dopasowaniom autorka rzetelnie opisała niezgodności między tymi wynikami, oraz przedstawiła aktualne ograniczenia na parametry oscylacji związane z neutrinami sterylnymi. Dzięki dokładnym opisom i licznym przykładowym wykresom pokazującym prawdopodobieństwa oscylacji rozdział ten jest nie tylko znakomitym wstępem do dalszej części monografii, ale może również służyć jako pomoc edukacyjna dla osób pragnących zaznajomić się z problematyką neutrin. Świadczy także o znajomości i zrozumieniu tej tematyki przez dr Grzelak.

Kolejny rozdział jest poświęcony neutrinom taonowym. Przedstawia stan wiedzy na temat ich oddziaływań, trudności związane z ich detekcją oraz wyniki z eksperymentów innych niż MINOS i MINOS+ związane z oscylacjami neutrin mionowych w taonowe na krótkiej i długiej bazie. Podobnie jak poprzedni, również ten rozdział zawiera istotne i dobrze przedstawione informacje.

Rozdział 4 zawiera zwięzły opis detektorów używanych w eksperymentach MINOS i MINOS+, jak również opis algorytmów rekonstrukcji zdarzeń, w tym trójwymiarowej rekonstrukcji opracowanej przez autorkę. Zabrakło mi tu nieco ilościowego porównania efektywności jej algorytmu ze standardowym, w postaci tabeli lub wykresu. Przedstawiona jest również metoda  $k$  najbliższych sąsiadów (kNN) i wykorzystująca ją strategia poszukiwania oddziaływań neutrin taonowych przez prądy naładowane, w których powstający taon rozpada się na mion i neutrina. Wybór tego kanału rozpadu został uzasadniony sformułowaniem: „this channel has the most distinct signature and smallest systematic uncertainties”, co według mnie jest zbyt skrótowe i powinno być wsparte odpowiednimi liczbami i/lub wykresami (aczkolwiek krótkie jakościowe uzasadnienie można znaleźć w podrozdziale 5.6). W opisie metody selekcji zabrakło mi wartości cięć stosowanych przed użyciem metody kNN oraz rozkładów używanych zmiennych na tym etapie selekcji oraz dłuższego omówienia zmiennych.

Wyniki dotyczące neutrin sterylnych, który został uzyskane przez eksperymenty MINOS i MINOS+, przedstawione są w rozdziale 5. Rozpoczyna się on od prezentacji metod statystycznych używanych przy wyznaczaniu limitów, po którym następuje opis traktowania niepewności systematycznych. W kolejnych podrozdziałach opisane są różne metody poszukiwania sygnału od neutrin sterylnych i ich wyniki, w szczególności podrozdział 5.6. poświęcony jest metodzie proponowanej przez habilitantkę. Przeanalizowana jest tam czułość na efektywny kąt mieszania  $\theta_{\mu\tau}$ , porównana z wynikami innych eksperymentów, przedstawione są też możliwości jej podniesienia.

Podsumowanie przywołuje najważniejsze fakty zaprezentowane w rozprawie, natomiast dwa dodatki zawierają parametry oscylacji neutrin z dopasowania do danych globalnych oraz dokładniejszy opis metody *profile likelihood*.

Monografia została przygotowana starannie. Ze względu na obszernie wprowadzenie do tematyki neutrin sterylnych oraz przegląd wyników eksperymentalnych może być również wartościowym źródłem dla fizyków i studentów pragnących zapoznać się z tym zagadnieniem. Rozdziały traktujące o usprawnieniach i analizach przeprowadzonych przez habilitantkę mogłyby być obszerniejsze i zawierać więcej szczegółów, zwłaszcza rozdział 4.

Podsumowując, zaprezentowana rozprawa habilitacyjna dr Katarzyny Grzelak dotyczy bardzo ważnej tematyki o wysokim znaczeniu dla fizyki cząstek elementarnych. Jest bardzo dobrym przeglądem aktualnego stanu wiedzy o oscylacjach neutrin z udziałem neutrin

taonowych, omawiającym zarówno aspekty teoretyczne oscylacji i generacji masy neutrin, jak i wyniki eksperymentalne. Wkład autorki jest wyraźnie pokazany i dotyczy rozwoju metod rekonstrukcji przypadków w detektorze oraz metod selekcji i analizy, a także studiów czułości eksperymentu.

## Ocena działalności naukowej

**Lista publikacji** dr Grzelak obejmuje 286 pozycji w czasopismach recenzowanych, z czego 43 dotyczy współprac MINOS i MINOS+. Prace te mają bardzo dobre wskaźniki bibliometryczne, a indeks Hirscha habilitantki wynosi 44 (przy czym należy wspomnieć, że dla eksperymentów fizyki wysokich energii, gdzie zdecydowanie dominują prace wieloautorskie, wskaźnik ten nie pokazuje osiągnięć samego autora, ale raczej ważność tematyki i wyników współprac eksperymentalnych). Dr Grzelak oblicza własny wkład do publikacji jako odwrotność liczby autorów, jak jest to powszechnie przyjęte w eksperymentach wysokich energii. Brak jest informacji o autorstwie wewnętrznych not technicznych eksperymentu (choć pozycja 138 w bibliografii monografii wskazuje na istnienie takich not), jednak w zasadzie wystarczające dane o aktywności i wynikającym z tego rzeczywistym wkładzie habilitantki podane są w autoreferacie i wstępie do monografii.

Dr Grzelak trzykrotnie prezentowała wyniki eksperymentu MINOS w postaci referatu na **konferencjach** oraz przedstawiła plakat z wynikami własnej analizy na prestiżowej konferencji NEUTRINO. Dwa razy wygłosiła również referaty przeglądowe na temat eksperymentów oscylacyjnych z długą bazą w USA.

Habilitantka wygłosiła również szereg prezentacji na sympozjach Instytutu Fizyki Doświadczalnej UW oraz na seminariach. Dotyczyły one nie tylko oscylacji neutrin i neutrin sterylnych, ale również aktualnych tematów z fizyki neutrin, takich jak np. pomiar ich prędkości.

Dr Grzelak kierowała po doktoracie czterema **grantami**: dwoma przyznanymi przez Komisję Europejską (wraz z dofinansowaniem z Ministerstwa Edukacji i Nauki), jednym przyznanym przez MNiSW oraz jednym przyznanym przez NCN. Wymienione granty dotyczyły prac w eksperymencie MINOS. Informacje o udziale w projektach kończą się na roku 2013, nie wiadomo, czy później habilitantka starała się o kolejne projekty. Brak dodatkowego finansowania tłumaczy zapewne przerwę w prezentacjach konferencyjnych w latach 2013-2018.

Jeśli chodzi o **dorobek dydaktyczny i popularyzatorski** dr Grzelak, jest on bogaty. Prowadziła ona na Wydziale Fizyki UW zajęcia o różnorodnej tematyce, w szczególności wykład dotyczący fizyki cząstek elementarnych dla III roku oraz projekty w ramach pracowni fizycznej II i III stopnia (również takie związane z eksperymentami MINOS/MINOS+). Jej zajęcia są bardzo dobrze oceniane przez studentów. Habilitantka sprawowała także opiekę nad studentami przygotowującymi prace licencjackie (3) i magisterskie (6). Jest też współorganizatorką Seminarium Wysokich Energii na Wydziale Fizyki UW.

Dr Grzelak wygłosiła szereg wykładów popularyzujących fizykę cząstek w ramach m.in. Letniej Szkoły Fizyki oraz Uniwersytetu Otwartego UW. Była głównym koordynatorem na Wydziale Fizyki jednej z edycji Festiwalu Nauki, współorganizowała również konferencję Theory Meeting Experiment: Neutrinos and Cosmos.

Dodatkowym elementem, który pozwala ocenić dorobek naukowy dr Grzelak, jest załączony list współprzewodniczącego współprac MINOS i MINOS+ profesora Karola Langa, podkreślający jej autorstwo otrzymanego wyniku i jego oryginalność.

## Podsumowanie

Dr Grzelak zajmuje się aktywnie fizyką neutrin od 2003, zdobywając doświadczenie w różnorodnych aspektach badań – pracy nad aparaturą, rekonstrukcją zdarzeń, zbieraniem

danych oraz analizą. Uczestnictwo w światowej klasy eksperymentach MINOS i MINOS+, najpierw na stażu zagranicznym, a potem jako jedyna reprezentantka Polski, świadczy o jej zdolności do współpracy międzynarodowej oraz do samodzielnej pracy badawczej. Liczne prace licencjackie i magisterskie powstające pod opieką habilitantki potwierdzają jej zdolności dydaktyczne oraz umiejętność zainteresowania studentów tematyką, choć szkoda, że nie kontynuują oni kariery naukowej w jej grupie. Dr Grzelak ma też wymierne osiągnięcia w popularyzacji nauki.

Dorobek dr Katarzyny Grzelak oceniam jako dobry, świadczący o jej kompetencjach i spełniający wymagania ustawowe. Popieram wniosek o nadanie jej stopnia naukowego doktora habilitowanego.

*Justyna Łagoda*

Justyna Łagoda