

Prof. dr hab. Lech Szymanowski  
Narodowe Centrum Badań Jądrowych  
Pasteura 7, 02-093 Warszawa  
Lech.Szymanowski@ncbj.gov.pl

Warszawa, 2 sierpnia 2019 r.

**Ocena osiągnięcia naukowego „Status supersymetrycznych rozszerzeń Modelu Standardowego w świetle danych z Wielkiego Zderzacza Hadronów” oraz ogólnego dorobku naukowego Pani dr Kamili Ireny Kowalskiej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego**

### **1. Informacje o habilitantce**

Pani dr Kamila Irena Kowalska ukończyła studia fizyki na Uniwersytecie Warszawskim w roku 2001 pisząc pracę magisterską pod kierunkiem prof. Stefana Pokorskiego. We wrześniu roku 2008 uzyskała stopień doktora nauk fizycznych za pracę "Fizyka zapachu w modelach supersymetrycznych z horyzontalną symetrią  $U(1)$ ,". Opiekunem Jej pracy doktorskiej był również prof. Stefan Pokorski. Po uzyskaniu stopnia doktora nauk fizycznych Pani dr Kamila Irena Kowalska odbyła w okresie od października 2015 r. do września 2017 roku dwuletni staż podoktorski na Technische Universitaet Dortmund w Niemczech. Od czerwca 2011 roku jest zatrudniona w Narodowym Centrum Badań Jądrowych, najpierw na stanowisku specjalisty, a obecnie adiunkta.

Badania prowadzone przez dr Kowalską dotyczą prób rozszerzenia Modelu Standardowego. Model ten, mimo wielu potwierdzeń poprawności jego przewidywań, nie jest uważany za ostateczną wersję teorii fundamentalnej, lecz raczej za teorię efektywną, która wymaga rozszerzenia aby uwzględnić w niej rolę ciemnej materii, wyjaśnić zjawisko oscylacji neutrin, hierarchii mas kwarków i leptonów oraz uniknąć szeregu problemów teoretycznych Modelu Standardowego związanych ze stabilnością poprawek radiacyjnych. Z tych powodów przedmiot rozprawy habilitacyjnej dr Kowalskiej dotyczy bardzo aktualnych problemów będących przedmiotem intensywnych badań we wszystkich najważniejszych światowych centrach naukowych.

Od września 2018 roku przez następnych 5 lat dr Kowalska jest głównym wykonawcą prestiżowego grantu Narodowego Centrum Nauki Sonata Bis 7 "Rozszerzenia Modelu Standardowego z fermionami wektoropodobnymi,". Wcześniej zaś, w latach 2011 – 2015, uczestniczyła jako wykonawca w badaniach prowadzonych w ramach grantu Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego oraz w ramach grantu WELCOME Funduszu na Rzecz Nauki Polskiej. Świadczy to bezsprzecznie o szybkim rozwoju naukowym dr Kowalskiej.

### **2. Ocena osiągnięcia naukowego.**

Jako osiągnięcie naukowe stanowiące przedmiot postępowania habilitacyjnego został przedstawiony jednotematyczny cykl sześciu publikacji poświęcony różnorodnym aspektom supersymetrycznych rozszerzeń Modelu Standardowego. Rozszerzenia te analizowane są w oparciu o dane doświadczalne z obu faz funkcjonowania Wielkiego Zderzacza Hadronów (Large Hadron Collider, LHC), co pozwala z jednej strony ograniczyć wartości parametrów fenomenologicznych, a z drugiej strony zasugerować możliwe postacie teorii nowej fizyki.

Wszystkie prace osiągnięcia naukowego są opublikowane w najlepszych czasopismach z tej dziedziny fizyki: Journal of High Energy Physics, Physical Review D i European Physical Journal C, zaś łączna liczba ich cytowań (bez samocytowań) wynosi 162 wg bazy Inspirehep. W przypadku czterech z powyższych publikacji dr Kowalska jest ich współautorem, ze średnim udziałem procentowym ocenionym powyżej 50%. Świadczy to o zasadniczym wkładzie dr Kowalskiej w otrzymanie wyników tych publikacji.

Omówienie wyników otrzymanych w pracach składających się na osiągnięcie naukowe zawarte jest w Autoreferacie do omówienia którego teraz przechodzę.

**”Wprowadzenie,,** stanowi zwięzłe lecz bardzo jasne, nawet dla niespecjalisty z tej dziedziny, wprowadzenie do problemów Modelu Standardowego wymagających jego rozszerzenia. Szczególna uwaga poświęcona jest scenariuszowi rozszerzenia Modelu Standardowego opartemu na uwzględnieniu supersymetrii, jako jednemu z najlepiej zbadanych oraz najbardziej obiecujących scenariuszy. Omówiona jest istotna rola pomiarów z obu faz działalności LHC dla weryfikacji poprawności proponowanych założeń teoretycznych uogólnień lagrangianu Modelu Standardowego.

**”Podsumowanie celu naukowego,,** jest zwięzłym i równie jasnym podsumowaniem celów badań dr Kowalskiej, których wyniki są omówione w kolejnych częściach Autoreferatu.

Rozdział **”Dolne ograniczenia na masy cząstek supersymetrycznych,,** omawia wyniki prac [H2] i [H5] dotyczące reinterpretacji pomiarów kolaboracji ATLAS i CMS w LHC mających na celu bezpośrednie poszukiwanie śladów supersymetrii. Omówiona jest absolutna konieczność przeprowadzenia takiej reinterpretacji danych dla właściwej oceny wyników pomiarów opartych na tzw. modelach uproszczonych. Zadanie to wymaga posłużenia się złożonymi, zautomatyzowanymi kodami numerycznymi. W tym miejscu chciałbym podkreślić ważny i oryginalny wkład habilitantki polegający na opracowaniu kalkulatora efektywności sygnału supersymetrycznego oraz kalkulatora funkcji prawdopodobieństwa. Stanowią one niezbędne składowe pełnego kodu, który umożliwił w pracach [H2] i [H5] reinterpretacje danych kolaboracji ATLAS i CMS. Zbadano przy tym obszary przestrzeni parametrów modeli supersymetrycznych dozwolonych przez pomiary LHC, w których mogą występować nowe cząstki o masach poniżej 1 TeV, a zatem stosunkowo lekkie. Chciałbym też podkreślić, że opracowany kod numeryczny jest bardzo użyteczny również w innych badaniach prowadzonych przez habilitantkę i omawianych poniżej.

Motywacją badań omówionych w rozdziale **”Domniemany sygnał supersymetryczny,,** jest próba odpowiedzi na pytanie czy dostępne dane doświadczalne mogą sugerować bliskie odkrycie cząstki supersymetrycznej, a jeśli tak, to jak mogą w tym pomóc metody statystyczne. W tym celu, w pracy [H6], została przeanalizowana anomalia w 1-leptonowej analizie kolaboracji ATLAS oraz dane dotyczące 1-leptonowej analizy kolaboracji CMS. Niezwykle użytecznym w tym badaniu był omówiony wcześniej kod numeryczny. Najciekawszym, moim zdaniem, wynikiem tej analizy jest wykazanie że nie ma sprzeczności pomiędzy obserwacją hipotetycznego sygnału nowej fizyki przez jedną kolaborację i niezaobserwowaniem go przez drugą, pomimo faktu, że obie analizy sprawiają wrażenie bycia podobnymi. Poprawna interpretacja wymaga bowiem każdorazowo przeprowadzenia pełnej weryfikacji statystycznej ich przewidywań.

Rozdział autoreferatu **"Zasięg poszukiwań supersymetrii przy większych energiach i świetlnościach,,** przedstawia wyniki pracy [H4], której celem było zbadanie jak zmienią się ograniczenia na sygnały supersymetrii otrzymane przy różnych założeniach teoretycznych, w przypadku gdy będą analizowane w oparciu o dane LHC z drugiej fazy pomiarów przy najwyższej dostępnej energii, w ramach metody opracowanej dla niższych energii zderzacza. Otrzymane wnioski sugerują, że będzie można w tym przypadku potwierdzić lub wykluczyć poprawność różnych modeli supersymetrycznych. Należy tu kolejny raz podkreślić wielką użyteczność omawianego wcześniej kodu numerycznego do reinterpretacji danych z LHC przy otrzymaniu wyników pracy [H4].

Wynikom prac [H1] i [H3] poświęcony jest rozdział autoreferatu **"Odkrycie bozonu Higgsa,,**. Omawia on konsekwencje odkrycia tej cząstki z masą 125 GeV dla dwóch modeli supersymetrycznych różniących się mechanizmem miękkiego naruszenia supersymetrii w sektorze ukrytym o energii rzędu  $10^{16}$  GeV. Przeprowadzone badania prowadzą do bardzo ważnego wniosku, że wyjaśnienie powyższej wartości masy cząstki Higgsa w ramach modeli supersymetrycznych wymaga aby poprawki radiacyjne były duże. Wykazano ponadto, że wartość tych poprawek może być dodatkowo wzmocniona przez uwzględnienie efektów mieszania cząstek supersymetrycznych skwarków, czyli poprzez uwzględnienie wyrazów niediagonalnych macierzy ich mas. Innym ciekawym wynikiem tej analizy jest wniosek że hipotetyczne kolorowe cząstki supersymetryczne będą miały masy rzędu 10 TeV.

Pomimo wielu ważnych wyników omawianych w tym rozdziale autoreferatu lektura jego wywołuje u mnie poczucie braku pewnych dodatkowych objaśnień, które, moim zdaniem, byłyby pomocne. Mam wrażenie, że obliczenia wkładu poprawek radiacyjnych do masy Higgsa są rachunkami wkładów jednopętlowych i jak już podkreślono są to wkłady duże. Pojawia się więc naturalne pytanie o wielkość wkładów wyższych pętli: jeżeli są one równie istotne wymagają one zwykle przeprowadzenia ich resumacji. Wkłady mniejsze niż poprawki jednopętlowe pozwalają żywić nadzieję, że szereg perturbacyjny poprawek jest zbieżny, a tym samym zaufać wnioskowi opartemu jedynie na wkładzie jednopętlowym.

Rozdział **"Związki z fizyką zapachu,,** omawia dodatkowe wyniki przedstawione w publikacji [H1]. Dotyczą one opisu rzadkiego rozpadu mezonu B z kwarkiem s na parę mionów, którego stosunek rozgałęzienia (branching ratio) był przedmiotem pomiaru kolaboracji LHCb. Uważa się, że pomiar tej obserwabli pozwala silnie ograniczyć wartości parametrów analizowanych modeli supersymetrycznych. Przeprowadzone obliczenia wkładu do tej obserwabli cząstek supersymetrycznych występujących w ograniczonym minimalnym supersymetrycznym Modelu Standardowym (constrained minimal supersymmetric SM, CMSSM) prowadzą do bardzo ciekawego wniosku, że duża część przestrzeni parametrów jest dozwolona nawet przy redukcji błędów teoretycznych i doświadczalnych pomiaru tej obserwabli.

Podsumowując moje omówienie autoreferatu chce podkreślić, że zawiera on wiele ważnych wyników dla rozwoju badań rozszerzeń Modelu Standardowego, wykazujących duże kompetencje i wiedzę Habilitantki.

### **3. Ocena aktywności naukowej (dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego oraz współpracy międzynarodowej)**

Według załączonej dokumentacji, dr Kamila Irena Kowalska jest autorem lub współautorem 21 publikacji w recenzowanych, najważniejszych w jej dziedzinie fizyki czasopismach, jak JHEP, Physical Review D, European Physical Journal C, oraz 8 publikacji konferencyjnych (wg bazy Inspirehep). Suma wszystkich cytowań bez autocytowań wynosi wg bazy Web of Science 411, a indeks Hirscha 11 (według bazy Inspirehep odpowiednio 511 i h-indeks = 12). W latach 2012 – 2017 dr Kowalska wygłosiła 11 referatów na prestiżowych konferencjach takich jak EPS Conference on High Energy Physics, International Conference on Supersymmetry and Unification of Fundamental Interactions (pięć razy) czy International Conference: From the Planck Scale to the Electroweak Scale (dwa razy).

Ponadto, dr Kowalska brała dwukrotnie czynny udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowej i krajowej konferencji naukowej. Jest również recenzentem szeregu publikacji w Physical Review D.

W trakcie stażu podoktorskiego na Technische Universitaet Dortmund prowadziła zajęcia dydaktyczne dla studentów: i tak w latach 2015 -2017 były to ćwiczenia z przedmiotu "Introduction to particle theory,,," zaś od maja do lipca 2016 roku sprawowała opiekę naukową nad dwoma studentami przygotowującymi prace licencjackie.

Jak już wspomniałem poprzednio, dr Kowalska jest obecnie beneficjentem renomowanego grantu Narodowego Centrum Nauki Sonata BIS 7 rozpoczętego we wrześniu 2018 i trwającego kolejne 5 lat.

### **4. Podsumowanie**

Uważam, że wyniki przedstawione przez Panią dr Kamilę Irenę Kowalską w jednotematycznym cyklu publikacji „Status supersymetrycznych rozszerzeń Modelu Standardowego w świetle danych z Wielkiego Zderzacza Hadronów” świadczą o bardzo szerokiej wiedzy Habilitantki w dziedzinie badań rozszerzeń Modelu Standardowego. Niewątpliwie jest Ona uznanym i cenionym specjalistą w tej dziedzinie, zaś wyniki uzyskane przez Panią dr. Kowalską przyczyniły się do znacznego jej rozwoju.

Biorąc pod uwagę osiągnięcie naukowe Pani dr. Kamili Ireny Kowalskiej będące podstawą niniejszego postępowania habilitacyjnego, jak i jej całkowity dorobek naukowy, wnioskuję o przyznanie Jej stopnia naukowego dra habilitowanego.



Lech Szymanowski