

Katowice, 17 września 2019 r.

prof. dr hab. Janusz Gluza
Instytut Fizyki, Uniwersytet Śląski

Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego
dra Kamili Ireny Kowalskiej
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego

1. Informacje ogólne

Dr Kamila Kowalska zarówno pracę magisterską jak i doktorat ukończyła na Uniwersytecie Warszawskim pod kierunkiem prof. Stefana Pokorskiego. Od 2011 roku jest zatrudniona w NCBJ w Warszawie, obecnie na stanowisku adiunkta. W tym czasie odbyła dwuletni staż podoktorski na Technicznym Uniwersytecie w Dortmundzie.

Habilitantka opublikowała ponad 20 prac naukowych, niektóre z nich są cytowane według systemu Inspires ponad 50 razy osiągając status dobrze lub bardzo dobrze znanej pracy. Dr Kowalska wygłosiła ponad 10 referatów na międzynarodowych konferencjach, brała udział w kilku grantach jako wykonawca a obecnie prowadzi samodzielnie grant Sonata.

Jednotematyczna habilitacja zatytułowana "Status supersymetrycznych rozszerzeń Modelu Standardowego w świetle danych z Wielkiego Zderzacza Hadronów" została napisana na podstawie 6 publikacji, w których łącznie brało udział od dwóch do czterech autorów. Wszystkie prace opublikowano w wiodących czasopismach z dziedziny fizyki cząstek elementarnych i fundamentalnych oddziaływań. Deklarowany poziom zaangażowania dr Kowalskiej w powstanie tych prac zawiera się w przedziale $30 \div 100$ procent. Na uwagę zasługuje fakt, iż dwie prace zostały napisane przez Habilitantkę samodzielnie.

2. Osiągnięcia naukowe

Zbiór sześciu prac [H1]-[H6] na podstawie których powstała niniejsza rozprawa habilitacyjna dobrze podsumowuje szeroki zakres badań Habilitantki dotyczących testów modeli supersymetrycznych w najpotężniejszym z dotychczas zbudowanych akceleratorów, zderzaczu protonów LHC. Wyniki (prace z lat 2013-2017) dotyczą analiz danych uzyskanych w LHC do momentu jego wyłączenia. Obecnie LHC jest modyfikowany i ulepszany. Autoreferat podzielony jest na 8 części. We wprowadzeniu

określono czym jest Model Standardowy i dlaczego wymaga poprawek z punktu widzenia teorii. Jeden z możliwych scenariuszy obejmuje tak zwane modele supersymetryczne, w których stopnie swobody związane z cząstkami fermionowymi mają swoje odpowiedniki w polach bozonowych. Określono jakie zalety ma idea supersymetrii. W pracy omawiane są dwa mechanizmy testów supersymetrii. Cząstek takich można się spodziewać w bezpośredniej produkcji przy zderzeniach pp lub też pośrednio w rzadkich rozpadach, których prawdopodobieństwo występowania jest znikome. Oba sposoby prowadzą do tego samego: ograniczeń na możliwe fizyczne parametry cząstek i siłę ich oddziaływań.

I tak, w pracy [H1] dyskutowane są dolne ograniczenia na masy cząstek supersymetrycznych przy pomocy danych kolaboracji ATLAS i CMS. W dyskusji Habilitantka wychodzi poza uproszczone modele, w których przyjmuje się, że stosunek rozgałęzienia w analizowanych kanałach rozpadu wynosi 100%. Nowe kanały rozpadów przesuują granice możliwych parametrów, ponieważ spektrum mas jest szersze, czułość analizy się zmniejsza i mamy słabsze ograniczenia. Aby wykonać odpowiednie analizy, Habilitantka wykorzystuje szereg programów: SOFTSUSY, SUSY-HIT, PYTHIA, PGS, DELPHES oraz własne oprogramowanie do obliczenia efektywności sygnałów supersymetrycznych z odpowiednimi funkcjami prawdopodobieństwa. Zmodyfikowane oprogramowanie numeryczne zostało wykorzystane w analizach fenomenologicznych i testach wybranych modeli supersymetrycznych. Pokazano, że dla bardziej skomplikowanych widm mas w supersymetrycznych modelach globalne analizy danych LHC prowadzą do możliwości wyróżnienia takich sygnatur stanów końcowych, które nie są możliwe w przypadku uproszczonych analiz.

W sumie globalne analizy pozwalają uzyskać bardziej szczegółowe rezultaty, przy jednoczesnym wzroście ograniczeń na niektóre parametry modeli i możliwości zwiększenia obszarów przestrzeni parametrów. Tego typu badania znajdują się w pracach [H2], [H5]. W szczególności w pracy [H5] zbadano model $p19MSSM$ gdzie występuje 19 swobodnych parametrów uzyskując uaktualnione ograniczenia na spektra mas gluin i skwarku stop. W wyniku globalnej analizy pokazano iż nadal istnieją obszary przestrzeni mas super-partnerów dozwolone przez dane z LHC, w których cząstki mogą być względnie lekkie, poniżej 1 TeV (zwłaszcza dla zdegenerowanych widm mas). W rozprawie nie ma interpretacji dlaczego tak jest, czy powodem są destrukcyjne interferencje dla amplitud danego procesu czy też jest to efekt czysto kinematyczny? Tak czy inaczej, rozdział trzeci pokazuje, iż globalna analiza danych przy zastosowaniu odpowiednich narzędzi do analizy bardziej złożonych modeli daje możliwość znalezienia nowych przewidywań egzotycznych sygnałów.

W rozdziale czwartym zbadano kiedy dostępne dane doświadczalne mogą sygnalizować, że jakaś cząstka supersymetryczna zostanie wkrótce odkryta. Często sytuacje takie gdzie statystyka jest mała prowadzą do tak zwanych anomalii, znikających przy zwiększeniu statystyki. Przyjmowanie różnych założeń modelowych oraz sposób analizy danych mogą prowadzić do niepoprawnych wniosków, zwłaszcza gdy operujemy na małej próbce statystycznej. Sytuację taką przeanalizowano w pracy

[H6], gdzie ATLAS wykazywał pewną małą anomalię. Pokazano numerycznie iż nie ma sprzeczności pomiędzy zaobserwowaniem anomalii w jednej analizie i niezaobserwowaniem jej w innej, zgodność przewidywań zależy na przykład od przyjętych założeń co do analizy tła dla danego procesu czy też przedziałów kinematycznych ich przewidywań i musi za każdym razem zostać zweryfikowana statystycznie (testy χ^2).

Analizy modeli w zderzaczach zależą mocno od dostępnych energii. W pracy [H5] przeanalizowano pewne procesy produkcji cząstek supersymetrycznych, interesujących ze względu na anomalię $(g - 2)_\mu$, problem ciemnej materii oraz ograniczeń wynikających z poprawek radiacyjnych do masy cząstki Higgsa. Pokazano, iż przestrzeń parametrów rozpatrywanych modelach supersymetrycznych zostanie niemal całkowicie przetestowana w trakcie kolejnych faz funkcjonowania LHC, przy energii 14 TeV, czy też HL-LHC. Jeśli więc anomalia $(g - 2)_\mu$ przetrwa, istnieje prawdopodobieństwo iż jakiś model supersymetryczny rozważany przez Habilitantkę będzie zaobserwowany. Warto dodać, iż w ostatnich latach rozpatruje się także możliwość budowy potężnego akceleratora FCC-hh, gdzie energia nie będzie rzędu 13-14 TeV, ale 100 TeV i rozważania poczynione w niniejszej rozprawie byłyby bardzo ciekawe w kontekście tego projektu.

Jedną z ciekawszych cech modeli supersymetrycznych jest bardzo duża czułość poprawek radiacyjnych do masy cząstki Higgsa. Dopasowanie parametrów do masy cząstki Higgsa w obrębie 125 GeV wymaga dużych mas rzędu 10 TeV lub też mieszanina skwarków top lub co pokazano w pracach [H1] i [H3], dużych pozadiagonalnych elementów macierzy mas skwarków up. Oznacza to, iż istnieje jeszcze dość duża swoboda na uzgodnienie parametrów modeli supersymetrycznych z danymi obserwacyjnymi, w szczególności z wartością masy obserwowanej cząstki Higgsa.

Innym rodzajem pośrednich testów niestandardowych modeli jest badanie rzadkich procesów. W pracy [H1] przeanalizowano proces $B_s \rightarrow \mu^+ \mu^-$, który jest mocno tłumiony w MS ze względu na helicity leptonów jak i małe elementy macierzy CKM, przez co proces ten jest czuły na dodatkowe wkłady od modeli niestandardowych. Proces taki analizowany jest w eksperymencie LHCb i pokazano jak parametry modeli supersymetrycznych, w tym przypadku CMMSM wpływa na oszacowanie gęstości reliktovej ciemnej materii.

Podsumowując, rozprawa zawiera interesujący materiał dotyczący analiz modeli supersymetrycznych i ciekawych prób wytłumaczeniu dlaczego supersymetria, choć atrakcyjna koncepcyjnie, opiera się próbie jej odkrycia. Na zakończenie autoreferatu Habilitantka wspomina o nowych perspektywach badań, które przyniesie HL-LHC lub też liniowy zderzacz ILC. Myślę, że warto aby Habilitantka zainteresowała się także innymi koncepcjami, w ostatnich dwóch latach silnie rozwinęła się koncepcja zderzacza kołowego FCC, w opcjach FCC-ee oraz FCC-hh, które dają ogromne możliwości komplementarnych badań.

3. Działalność dydaktyczna, popularyzatorska i organizacyjna.

Dr Kowalska wspomagała organizację konferencji w Warszawie, jej dorobek dydaktyczny jest jednak bardzo skromny. Tym bardziej dziwi mnie iż jest to już kolejna habilitacja którą oceniam, w której kandydat/kandydatka nie wykazuje żadnej aktywności popularyzatorskiej ani nie jest zainteresowana aktywnym udziałem w krajowych lub też międzynarodowych towarzystwach fizycznych.

Podsumowanie

Opisane przez dr Kowalską w autoreferacie osiągnięcia naukowe, w tym udział i kierowanie grantami, w pełni spełniają formalne wymagania stawiane kandydatom w przewodach habilitacyjnych. Pozostała działalność zawodowa Habilitantki jest już w mojej ocenie przeciętna.

Popieram wniosek o nadanie dr Kamili Irenie Kowalskiej stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych w dyscyplinie fizyka.



prof. dr hab. Janusz Gluza