

Recenzja osiągnięcia naukowego pt. „Badania oddziaływań
elektrosłabych na LHC oraz poszukiwanie zjawisk spoza
Modelu Standardowego”

oraz

ocena sylwetki naukowej dr. inż. Mateusza Dyndała
w związku ze wszczęciem postępowania habilitacyjnego

dr hab. Marcin Chrząszcz

18 lutego 2022

1 Sylwetka kandydata

Dr inż. Mateusz Dyndał ukończył studia na Akademii Górniczo Hutniczej (AGH) w 2012 roku, broniąc z wyróżnieniem pracę pt. „Badanie korelacji w zderzeniach ciężkich jonów w eksperymencie ATLAS” pod kierownictwem prof. dr. hab. Mariusza Przybycienia oraz dr hab. Iwony Grabowskiej-Bołd. Następnie dr Dyndał rozpoczął łączone studia doktorskie na AGH oraz Uniwersytecie Paris-Sud w Paryżu, które zakończyły się obronieniem pracy doktorskiej zatytułowanej „Two-Photon Interactions in Proton-Proton Collisions with the ATLAS Experiment at the LHC” pod opieką prof. Mariusza Przybycienia ze strony AGH oraz dr hab. Laurent Schoeffel (Paris-Sud).

Po obronie doktoratu dr Dyndał pracował przez kilka miesięcy na AGH, szukając jednocześnie pozycji typu post-doc za granicą, którą szybko otrzymał w ośrodku badawczym DESY w Hamburgu. Po przepracowaniu w DESY dwóch lat, otrzymał prestiżową ofertę z ośrodka badawczego CERN pod Genewą. Należy podkreślić, że są to najbardziej rozchwytywane pozycje w fizyce cząstek elementarnych i jednoznacznie wskazują na rozpoznawalny udział dr. Dyndała we współpracy ATLAS. Badania prowadzone w okresie dwóch stażów zagranicznych stanowią osiągnięcie naukowe, które kandydat przedstawia jako podstawę do nadania tytułu doktora habilitowanego. Na uwagę zasługuje również fakt, iż dr Dyndał podczas ww. staży pełnił ważne funkcje we współpracy ATLAS.

Podsumowując sylwetkę kandydata, należy stwierdzić, iż stanowi ona wręcz wzorcowy przykład młodego uczonego, który odbył najbardziej prestiżowe staże podoktorskie w czołowych ośrodkach zagranicznych, po czym wrócił do Polski.

2 Ocena cyklu publikacji

Dr Dyndał jako podstawę przyznania stopnia doktora habilitowanego zadeklarował cykl sześciu publikacji, któremu nadał tytuł „Badania oddziaływań elektrosłabych na LHC oraz poszukiwanie zjawisk spoza Modelu Standardowego”. W skład tego cyklu wchodzi publikacje zarówno ze współpracy ATLAS

(H1-H4), jak również krótkoautorowe publikacje z udziałem dr. Dyndała. W poniższym rozdziale omówię krótko ww. prace wraz z wkładem kandydata w ich opracowanie.

Pierwsze trzy publikacje (tj. H1-H3) dotyczą tego samego pomiaru, który został wykonany na podstawie coraz większej próbki danych. Pomiar ten to tzw. rozpraszanie foton-foton, który został zmierzony przy zderzeniach wiązek jąder ołowiu na zderzaczach LHC. Fenomenologia tego procesu jest niezwykle ciekawa, gdyż, jak wiadomo, w czystej elektrodynamice dwa fotony nie oddziałują między sobą. Sprawa komplikuje się w elektrodynamice kwantowej, gdzie w diagramach pętlowych taki proces jest możliwy. Ciekawostką jest fakt, iż jest to jedne z pierwszych przewidywań elektrodynamiki kwantowej. Przekrój czynny na ww. proces zależy od rodzaju zderzeń, a dokładniej od ładunku elektrycznego zderzanych cząstek. Z tego powodu procesy te mierzy się w zderzeniach jąder ołowiu, a nie protonów na LHC. Z punktu widzenia detektora procesy te charakteryzują się identyfikacją dwóch fotonów w detektorze oraz brakiem śladów naładowanych.

W publikacji H1 przedstawiono pierwszą analizę tego procesu opartą na próbce $480 \mu\text{b}^{-1}$ scałkowej świetlności. Pomimo prostej topologii procesu, selekcja przypadków nie należy do prostych. Należy mianowicie zredukować i kontrolować niepewność występujących przypadków tła, do których należy centralna produkcja par fotonów i kwarków. Problem z ich kontrolą polega na braku wiarygodnych przewidywań teoretycznych, który uniemożliwia efektywne wykorzystanie próbek MC do tego celu. Problem został rozwiązany z pomocą weryfikacji próbek MC przy pomocy danych w odpowiednich obszarach kontrolnych. W wyniku weryfikacji próbki MC zostały znormalizowane do danych, niwelując dominującą niepewność teoretyczną. Należy podkreślić, iż dr Dyndał miał kluczowy wkład zarówno w opracowanie samej idei, jak i przeprowadzenie tej części analizy. Kolejnym ważnym wkładem dr. Dyndała w analizę była optymalizacja selekcji. W przypadku kiedy tło nie jest dobrze znane, kluczowym staje się optymalne wybranie odpowiednich obszarów, w których występuje sygnał i tło. Im dokładniej się to zrobi, tym mniejsze niepewności systematyczne otrzyma się w końcowym pomiarze. Definitywnym dowodem na poprawne wykonanie powyższego jest fakt, iż niepewność zmierzonego przekroju czynnego jest zdominowana przez niepewności statystyczne, a nie systematyczne. Kluczowym wynikiem publikacji H1 jest dowód na występowanie procesu rozpraszania foton-foton. Niestety nie można było w tym wypadku mówić o jego obserwacji, gdyż nie został osiągnięty odpowiedni poziom prawdopodobieństwa. Stanowi to motywację do powtórzenia analizy na podstawie większej próbki danych w celu potwierdzenia lub wykluczenia obserwacji.

Obserwację ww. procesu udało się przeprowadzić w publikacji H2, wykorzystując próbkę danych odpowiadającą 1.73 nb^{-1} scałkowanej świetlności. Należy podkreślić, iż czułość tego pomiaru została zwiększona nie tylko przez zwiększenie próbki danych, ale również przez optymalizację systemu wyzwalania (tzw. trigger) oraz dalszą optymalizację offline. W wyniku pomiaru została dokonana pierwsza obserwacja procesu rozpraszania foton-foton z poziomem istotności wynoszącym 8.2σ .

Ostatnim pomiarem z tej serii przedstawionym w publikacji H3 jest pomiar z wykorzystaniem pełnej próbki danych odpowiadającej scałkowanej świetlności na poziomie 2.2 nb^{-1} . Pomimo niewielkiego zwiększenia ilości danych w porównaniu do publikacji H2, pomiar dostarcza szeregu nowych informacji przydatnych w szerokiej interpretacji wyników. Dla przykładów zwiększony został zakres kinematyczny oraz zostały przedstawione różniczkowe przekroje czynne. Niestety przekroje te dalej są jednowymiarowe z małą ilością binów. Nie jest to oczywiście winą Habilitanta, a wynika tylko z dostępnej próbki danych. Jednocześnie jest to mocną przesłanką, aby powtórzyć analizę, kiedy większa próbka danych będzie dostępna. Należy też podkreślić, iż rozpraszanie foton - foton jest czułe na zjawiska spoza Modelu Standardowego, gdzie występują cząstki, które mogą sprzęgać się do fotonów. Dobrym przykładem są tzw. Axiony Like Particle (ALP). Dr Dyndał wykorzystał ww. próbkę danych

w poszukiwaniu tych cząstek. Poszukiwanie jest dość trywialne, ponieważ potencjalne cząstki mają bardzo małą szerokość i ich obecność ujawniłaby się jako wąski rezonans w rozkładzie masy dwóch fotonów. Nie zaobserwowano niestety takiego rezonansu, w związku z powyższym obliczono górną granicę stałej sprzężenia ALP do fotonów. W rejonie masy $m_{\gamma\gamma} \in [20, 100]$ GeV/ c^2 jest to najmocniejsze ograniczenie. Zważając na powyższe, uważam publikację H3 jako najciekawszą i najbardziej dojrzałą z całej ww. trójki.

Bardzo mile widziane u Habilitanta jest rozszerzenie tematyki badawczej poza tą, którą zajmował się w trakcie doktoratu. O ile publikacje H1-H3 kontynuują prace rozpoczęte podczas doktoratu to pozostałe dwie publikacje stanowią ciekawe rozszerzenie obszaru badawczego Habilitanta. Praca H4 dotyczy bardzo modnego obecnie zjawiska potrójnego sprzężenia bozonów pośredniczących w oddziaływaniach słabych. Zainteresowanie tym zjawiskiem wynika z faktu, iż takie sprzężenia są bardzo czułe na zjawiska spoza Modelu Standardowego. Pomiar ten jest zupełnie inny od poprzednich. W tym przypadku kluczowym aspektem jest redukcja niepewności systematycznych. Jest to zarazem obszar, w którym fizyk doświadczalnik może pokazać swój kunszt. Pomiar różniczkowych przekrojów czynnych sam w sobie jest ciekawy, ale wisienką na torcie jest interpretacja pomiarów w ramach tzw. współczynników Wilsona, które są efektywnymi stałymi sprzężenia. Udało się uzyskać wyniki odpowiadające tym ze współpracy CMS. Chciałbym w tym momencie zwrócić uwagę, iż obliczone jednowymiarowe zakresy prawdopodobieństw dla efektywnych stałych sprzężenia są mało przydatne w szerszej interpretacji wyników. W szerszej teorii zapewne wszystkie pięć współczynników dostanie przyczynki od zjawisk spoza Modelu Standardowego, w związku z powyższym bez znajomości pełnego ich rozkładu nie da się ww. rezultatów porównać z daną teorią w sposób statystycznie poprawny. Zdecydowanie lepszym pomysłem jest publikacja wielowymiarowego rozkładu lub przynajmniej macierzy kowariancji między współczynnikami Wilsona.

Ostatnie dwie publikacje H5 i H6 stanowią krótkoautorowe artykuły fenomenologiczne. Pierwszy z nich (H5) dotyczy potencjalnego pomiaru rozkładów fotonów w protonie. Jak Autor pokazuje, w zderzeniach p Pb można go wyznaczyć mierząc produkcję dwóch leptonów wywołaną przez wymianę fotonu. Zaproponowana metodyka jest bardzo ciekawa i wpisuje się w doświadczenie dr. Dyndała. Mile widzianym akcentem w publikacji H5 byłoby przedyskutowanie potencjalnych doświadczalnych niepewności systematycznych.

Publikacja H6 stanowi znacznie ciekawszą propozycją pomiaru tzw. anomalnego momentu magnetycznego leptonu τ . Moment ten jest obecnie bardzo słabo znany, a jego wyznaczenie nie jest proste. Ponieważ lepton ten należy do trzeciej generacji leptonów, może on się dobrze sprzęgać do cząstek spoza Modelu Standardowego. Pomiar ten jest niezwykle trudny doświadczalnie, ponieważ w rozpadach leptonu τ mamy do czynienia z co najmniej jednym neutrinem, które nie podlega detekcji. Wszystko to powoduje rozmycie rozkładów, których kształt bezpośrednio wpływa na pomiar anomalnego momentu magnetycznego. Wykorzystując obecną próbkę danych ze współpracy ATLAS, możliwe jest zmierzenie anomalnego momentu magnetycznego dla leptonu τ z dokładnością dwukrotnie większą niż ta uzyskana na zderzaczu LEP.

W mojej ocenie wyżej omówione publikacje wyczerpują z nawiązką wymagania stawiane w postępowaniu habilitacyjnym. Wiodący udział dr Dyndała w wieloautorowych publikacjach nie podlega dyskusji, ponieważ jest udokumentowany zarówno w liście od kierownictwa współpracy ATLAS jak i świadczą o nim liczne prezentacje na międzynarodowych konferencjach, które wygłosił Habilitant. Nie budzi też mojej wątpliwości poprawność wyników. Prace wychodzące ze współpracy ATLAS przechodzą bardzo skrupulatną recenzję wewnętrzną, zanim zostaną one wysłane do czasopisma, które przeprowadza kolejną recenzję. W przypadku publikacji krótkoautorowych (H5 - H6), udział Habi-

litanta również był zasadniczy. Świadczy o tym zarówno fakt, iż jest on głównym Autorem hipotez badawczych jak i list of Prof. Antoniego Szczurka, który podkreśla rolę Habilitanta.

3 Wnioski końcowe

Dr inż. Mateusz Dyndał jest aktywnym fizykiem eksperymentatorem, który osiągnął dojrzałość do prowadzenia samodzielnej działalności badawczej, organizacyjnej i dydaktycznej. Przedstawiony cykl artykułów zawierający prace zarówno eksperymentalne, jak i publikacje z propozycją nowych pomiarów we współpracy z fizykami teoretykami świadczą o dużej aktywności badawczej i wszechstronności Habilitanta. Uważam, że jego dorobek naukowy oraz przedłożony cykl artykułów spełniają z naddatkiem warunki ustawowe o stopniach i tytule naukowym. Wnioskuje o dopuszczenie dr. inż. Mateusza Dyndała do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Równocześnie wnioskuję do Rady Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH o złożenie kandydatury dr. Dyndała w konkursie o Nagrodę Prezesa Rady Ministrów. Wybitny dorobek naukowy, przedstawiony w postępowaniu habilitacyjnym, połączony ze wspaniałym przebiegiem kariery naukowej wyczerpuje wymagania stawiane kandydatom do tej nagrody.

Chrzęstoz Murin