

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

Warszawa, dn. 8.11.2019 r.

Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym pana doktora Michała Bluja

Pan dr Michał Bluj przedstawił rozprawę habilitacyjną zatytułowaną: *Od rekonstrukcji leptonu τ do obserwacji rozpadów bozonu Higgsa na pary $\tau\tau$ w eksperymencie CMS przy LHC*, w formie monografii wydanej przez Narodowe Centrum Badań Jądrowych, oraz dokumentację dorobku naukowego zawierającą autoreferat, wykaz opublikowanych prac naukowych, dodatkowe informacje na temat działalności naukowej i dydaktycznej oraz list referencyjny od przewodniczącego współpracy CMS.

Dr Bluj ukończył studia w zakresie fizyki na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego w 2000 roku broniąc pracę dyplomową zatytułowaną *LEP jako narzędzie poszukiwania nowej fizyki*, wykonaną pod kierunkiem dr. inż. Piotra Zalewskiego. Następnie habilitant odbył studia doktoranckie w Instytucie Problemów Jądrowych, a w 2006 roku obronił pracę doktorską pt. *Poszukiwanie bozonów Higgsa w akceleratorach LEP i LHC* pod kierunkiem prof. dr. hab. Ryszarda Sosnowskiego. W trakcie studiów doktoranckich dr Bluj związał się z grupą eksperymentu CMS, pracującego przy akceleratorze LHC w CERN.

Również dorobek naukowy dr. Bluja po doktoracie związany jest z eksperymentem CMS i fizyką bozonu Higgsa – jego poszukiwaniem, a następnie – po odkryciu w 2012 r. – badaniem jego własności. W latach 2007-2013 habilitant odbył dwa staże podoktorskie, pierwszy w Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas w Portugalii, drugi w Laboratoire Leprince-Ringuet przy Ecole Polytechnique we Francji. Pracował tam nad zderzeniami z produkcją par $t\bar{t}$, gdzie w stanach końcowych pojawiał się lepton τ , a także nad wdrożeniem metody rekonstrukcji „particle flow” w eksperymencie CMS i użyciem jej w poszukiwaniu i analizie rozpadu bozonu Higgsa na pary $\tau\tau$. Dr Bluj dowiódł, że metoda „particle flow” poprawia czułość analizy oraz zaangażował się w tworzenie algorytmów służących identyfikacji hadronowych rozpadów leptonu τ i przygotowaniu układu wyzwalania detektora dla przypadków z leptonami τ .

Po powrocie do Polski dr Bluj kontynuował badania tego zagadnienia, pracując jako adiunkt w Narodowym Centrum Badań Jądrowych. W 2015 uzyskał grant OPUS (trzyletni z przedłużeniem o jeden rok), w ramach którego wraz ze współpracownikami z NCBJ oraz Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, rozwijał metody identyfikacji leptonów τ i metody wyzwalania dla przypadków zawierających leptony τ , oraz uczestniczył aktywnie w analizie danych, która doprowadziła do zaobserwowania rozpadu $H \rightarrow \tau\tau$. (opisanego w publikacji nr 143 w wykazie).

Wyniki swojej pracy związanej z tematyką leptonu τ , zarówno jeśli chodzi o wyzwalanie, rekonstrukcję i identyfikację, jak i analizę, dr Bluj zebrał w postaci monografii przedstawionej jako osiągnięcie naukowe.

Ocena osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe dr Bluj przedstawił monografię pt. *Od rekonstrukcji leptonu τ do obserwacji rozpadów bozonu Higgsa na pary $\tau\tau$ w eksperymencie CMS przy LHC*, która stanowi podsumowanie jego prac i dorobku po uzyskaniu doktoratu.

Rozprawa została napisana w języku polskim i składa się z preludium, wstępu oraz ośmiu

rozdziałów, w tym podsumowania, po których następuje bardzo użyteczny wykaz skrótów oraz bibliografia zawierająca 121 pozycji. Poniżej krótko omówię poszczególne rozdziały.

Preludium nie jest bezpośrednio związane z pracą dr. Bluja, przedstawia natomiast historię odkrycia leptonu τ oraz wyzwania eksperymentalne związane z jego wykryciem. Informacje te pozwalają lepiej poznać trudności, jakie trzeba pokonać w analizie przypadków zawierających lepton τ , oraz docenić pracę wykonaną przez habilitanta.

W wstępie autor przedstawia układ monografii oraz opisuje szczegółowo swój wkład do prac zaprezentowanych w poszczególnych rozdziałach.

Rozdział I poświęcony jest akceleratorowi LHC i detektorowi CMS. Opisane są parametry wiązki protonów oraz uzyskana świetlność i zbiory danych, a w przypadku detektora poszczególne podzespoły oraz informacje, jakie można z nich uzyskać. Rozdział zawiera też ogólne informacje o układzie wyzwalania i symulacji detektora.

Rozdział II dotyczy rekonstrukcji przypadków oddziaływań zachodzących w detektorze CMS, a szczególnie metody „particle flow”, która uwzględnia kompleksowo informacje o przejściu cząstek dostarczane przez różne podsystemy detekcyjne (detektor śladowy, kalorymetry, detektor mionów). Pokazana jest rekonstrukcja torów i klastrów kalorymetrycznych oraz przebieg algorytmu „particle flow” dla poszczególnych „typów” cząstek (miony, elektrony, izolowane fotony, hadrony i dżety).

W rozdziale III autor skupia się na rekonstrukcji i identyfikacji zdarzeń, w których pojawia się lepton τ , rozpadający się na hadrony (oraz neutrino, które nie są wykrywane w CMS). Metoda odróżnienia takich rozpadów od dżetów pochodzących z fragmentacji kwarków i gluonów, oraz od błędnie zidentyfikowanych elektronów i mionów, oparta na informacjach z rekonstrukcji „particle flow”, nazwana została algorytmem HPS. Autor opisuje szczegółowo sposób działania tego algorytmu, jak również podaje informacje o jego efektywności (między 30 a 70%) oraz prawdopodobieństwie błędnej identyfikacji kandydatów (bardzo niska). Rozdział IV przedstawia z kolei różnorakie testy algorytmu HPS dla danych zebranych w eksperymencie CMS. Użyto tu m.in. rozpadów $Z \rightarrow \tau\tau$, gdzie jeden z leptonów τ , rozpadający się leptonowo, był znacznikiem, a drugi służył do testowania metody. Efektywność i prawdopodobieństwo błędnej identyfikacji zmierzono korzystając z dopasowania symulacji metodą największej wiarygodności.

Kolejny rozdział dotyczy metody wyzwalania detektora CMS dla przypadków z leptonami τ . Autor szczegółowo opisuje kolejne kroki algorytmu i zakładane warunki, po czym podaje wyniki efektywności algorytmu otrzymane dla zebranych danych.

Krótki rozdział VI podsumowuje część „techniczną” pracy i stanowi wstęp do części opisującej przeprowadzoną analizę fizyczną.

Analizie, dzięki której dokonano obserwacji rozpadu bozonu Higgsa na parę leptonów τ , poświęcony jest rozdział VII. Rozpoczyna się on od wprowadzenia do fizyki bozonu Higgsa oraz opisu jego odkrycia. Następnie autor przechodzi do poszukiwań analizowanego przez niego rozpadu i przedstawia przyjętą strategię analizy. Autor szeroko i przekonująco pisze też o metodzie rekonstrukcji masy pary $\tau\tau$. Rozdział zawiera również obszerne informacje dotyczące selekcji, wyznaczania oczekiwanego tła oraz błędów systematycznych. Kończy się podaniem wyników fizycznych, w tym zgodności obserwowanej nadwyżki przypadków w danych z hipotezą rozpadu $H \rightarrow \tau\tau$ z istotnością statystyczną 5.9σ dla kombinacji danych z 2012 i 2016 r., oraz pomiaru wartości stosunku mierzonego i oczekiwanego w Modelu Standardowym sprzężenia bozonu Higgsa i leptonu τ (zgodny z jednością).

Końcowy rozdział podsumowuje pracę oraz wskazuje na przyszłe możliwe kierunki rozwoju analizy przypadków rozpadów $H \rightarrow \tau\tau$. Dr Bluj przekonująco uzasadnia tu, dlaczego jego wyniki mają bardzo duże znaczenie naukowe.

Monografia została przygotowana starannie, choć autor nie uniknął drobnych błędów językowych czy wyrażen pochodzących ze specjalistycznego żargonu. Opisy są w większości klarowne, choć miejscami przytłaczające ilością szczegółów. Z drugiej jednak strony, szczegółowość ta może być przydatna osobom, które rozpoczynają pracę w grupie CMS. Nie

znalazłam w treści monografii błędów merytorycznych. Opisy zarówno metod, jak i rezultatów analizy są poprawne i przekonujące.

Podsumowując, przedstawione w monografii osiągnięcie naukowe dr. Michała Bluja dotyczy bardzo ważnej tematyki o wysokim znaczeniu dla fizyki cząstek elementarnych. Wkład autora jest wyraźnie pokazany i istotny, a otrzymane wyniki są bardzo wartościowe. Uważam, że monografia spełnia wymogi stawiane prezentacji osiągnięcia naukowego.

Ocena działalności naukowej

Lista publikacji dr. Bluja obejmuje 941 pozycji (łącznie, w czasopismach recenzowanych, oraz materiałach konferencyjnych), wśród których zdecydowana większość dotyczy wyników eksperymentu CMS i powstała po doktoracie habilitanta. Prace te mają bardzo dobre wskaźniki bibliometryczne, dzięki czemu indeks Hirscha dr. Bluja wynosi 92. W przypadku eksperymentów fizyki wysokich energii należy wziąć pod uwagę fakt, że wskaźnik ten nie odzwierciedla osobistych osiągnięć autora, ponieważ dominują tam prace wieloautorskie. Dlatego też habilitant oblicza swój wkład do publikacji, jak to jest powszechnie przyjęte, jako odwrotność liczby autorów. W przypadku 31 publikacji CMS, wkład dr. Bluja był istotny lub decydujący, związany z tematyką opisaną w monografii, i został podany bardziej precyzyjnie. Habilitant nie dołączył listy not technicznych jego autorstwa, co zwykle jest dobrą miarą wkładu do wyników współpracy, ale w tym przypadku wydaje się to być uzasadnione faktem, iż noty są podpisywane przez całą współpracę (jak przytoczone w bibliografii monografii pozycje 10, 61, 81, 107).

Dr Bluj prezentował wyniki eksperymentu CMS w postaci **referatu** na międzynarodowych konferencjach osiem razy (w imieniu współpracy), wygłosił również szereg seminariów dotyczących jego pracy, głównie na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Ma za sobą także liczne prezentacje na zebraniach grup roboczych oraz zebraniach plenarnych eksperymentu CMS.

Dr Bluj **kierował grantem** OPUS przyznany przez Narodowe Centrum Nauki w latach 2015-2019. Grant ten dotyczył badania rozpadu bozonu Higgsa na pary $\tau\tau$ i pozwolił na rozwinięcie eksperymentalnych metod identyfikacji leptonu τ oraz odkrycie rozpadu $H \rightarrow \tau\tau$.

Dorobek dydaktyczny habilitanta jest zadowalający, biorąc pod uwagę fakt, że jest zatrudniony w instytucie badawczym, a nie na uniwersytecie. Dr Bluj sprawował nieformalną opiekę nad studentami, doktorantami i praktykantami, którzy wykonywali prace dla grupy CMS, był też współopiekunem jednej pracy magisterskiej i kilku staży przedmagisterskich. Obecnie jest promotorem pomocniczym w otwartym przewodzie doktorskim, z przewidywanym terminem obrony pracy jeszcze w tym roku.

Dr Bluj nie wspominał nic w autoreferacie i materiałach dodatkowych o działalności popularyzującej naukę. Wiem jednak, że uczestniczył co najmniej w przygotowaniu i prowadzeniu Dni Otwartych Narodowego Centrum Badań Jądrowych, oraz w pokazach organizowanych w trakcie Festiwalu Nauki.

Bardzo ważnym punktem w dorobku dr. Bluja są pozycje, jakie uzyskał we współpracy eksperymentu CMS: był on mianowicie koordynatorem grupy układu wyzwiania „Tau Trigger” oraz koordynatorem grupy analizy Tau Physics Object Group. Powierzenie mu takich funkcji świadczy o tym, że habilitant jest cenionym członkiem współpracy CMS oraz uznanym ekspertem w zakresie zdarzeń zawierających lepton τ , a jego praca była dla eksperymentu ważna i została doceniona.

Potwierdza to również załączony do wniosku list przewodniczącego współpracy CMS, profesora Roberta Carlina, który omawiając działalność dr. Bluja w CMS, pisze m.in. „Michal [...] gave very significant original contribution” (o algorytmach rekonstrukcji), „the effort was very successful” czy „the contribution of Michal was outstanding” (o pracy w grupie Tau Trigger). Poza aktywnością opisaną już w autoreferacie, prof. Carlin wspomina również o działaniach habilitanta jako wewnętrznego recenzenta wyników CMS.

Podsumowanie

Dr Bluj zajmuje się fizyką związaną z bozonem Higgsa od długiego czasu, zdobył doświadczenie dotyczące zarówno teorii, jak i układów i analiz eksperymentalnych, uczestniczył w pracach dotyczących działania układu wyzwalania, rekonstrukcji przypadków w detektorze czy identyfikacji cząstek. Stał się ekspertem od wykrywania przypadków z pojawianiem się leptonu τ , a przedstawiona monografia jest tego bardzo dobrym dowodem. Odbyte staże podoktorskie, wieloletnie uczestnictwo w wielkiej międzynarodowej grupie badawczej i zdobyte w niej pozycje świadczą o jego zdolności do samodzielnej pracy badawczej, kierowania grupą i nadzorowania doktorantów oraz współpracy z innymi grupami i ośrodkami naukowymi.

Dorobek dr. Michała Bluja oceniam jako bardzo dobry, świadczący o jego wysokich kompetencjach i niewątpliwie spełniający wymagania ustawowe. Zdecydowanie popieram wniosek o nadanie mu stopnia naukowego doktora habilitowanego.



Justyna Łagoda