

OCENA

rozprawy habilitacyjnej p.t. „*Performance of the LHCb Vertex Locator and the measurement of the forward-backward asymmetry in $B_d^0 \rightarrow K^{*0}(892) \mu^+ \mu^-$ decay channel as a probe of New Physics*” oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dr inż. Tomasza Szumlaka.

Wstęp

Doświadczalne badania cząstek elementarnych prowadzone są obecnie przez kilkadziesiąt wielkich międzynarodowych zespołów w świecie. Podstawowe bowiem narzędzia umożliwiające tę działalność to wielkie akceleratory cząstek wysokich energii i kompleksy detektorów rejestrujących oddziaływania, które są urządzeniami niezwykle kosztownymi. Zaprojektowanie i zbudowanie detektora, nie tylko zresztą ze względów finansowych, wymaga pracy zespołu kilkudziesięciu do kilkuset fizyków i inżynierów. Analiza fizyczna danych zebranych w czasie naświetlań również prowadzona jest w wieloosobowych tematycznych grupach roboczych. Z uwagi na to, że międzynarodowa społeczność fizyków cząstek przyjęła zasadę sygnowania publikacji eksperymentalnych przez wszystkich członków zespołów badawczych, a nie upublicznione dane kolaboracji nie mogą być przedmiotem indywidualnych prac, dorobek publikacyjny członków zespołu jest wielo-autorski. W tej sytuacji siłą rzeczy prace habilitacyjne z dziedziny eksperymentalnej fizyki cząstek muszą być rezultatem wieloletniej pracy w dużym zespole, nie mogą być oparte o zbiór jedno- lub kilku-autorskich monotematycznych publikacji, a przedstawiane są w postaci monografii. Rozprawa habilitacyjna dr inż. Tomasza Szumlaka jest wynikiem pracy kandydata w zespole eksperymentu LHCb w latach 2005 – 2013. Długi, mogący pełnić rolę abstraktu, tytuł monografii oddaje wszechstronny udział dr T. Szumlaka w pracach kolaboracji LHCb począwszy od symulacji detektora poprzez jego budowę i testowanie po analizę fizyczną danych.

Ocena rozprawy habilitacyjnej

Rozprawa ma charakter monograficzny i jest opublikowana w wydawnictwie JAK (ISBN 978-83-934620-9-4)

Wybór tematu.

Detektor LHCb został zaprojektowany do precyzyjnych pomiarów łamania parzystości kombinowanej CP i badania rzadkich rozpadów mezonów pięknych ($B_{d(s)}$) i powabnych (D, D^*) z nadzieją na rozwiązanie zagadki asymetrii materia-antymateria we Wszechświecie. Model Standardowy (MS) przewiduje co prawda asymetrię barionową, ale kilka rzędów wielkości mniejszą od obserwowanej eksperymentalnie, a zatem poszukiwanie nowych rzadkich procesów, poza MS jest obiecujące. W szczególności rozpad $B_d^0 \rightarrow K^{*0}(892) \mu^+ \mu^-$, przedmiot badań habilitanta jest jednym ze „złotych kanałów” eksperymentu LHCb do poszukiwania odstępstw od Modelu Standardowego.

Dr T. Szumlak w latach 2005-2009 zaraz po doktoracie pracował w grupie LHCb na Uniwersytecie w Glasgow. Należy tu zauważyć, że zespół ten specjalizujący się od kilkunastu lat w tematyce detektorów krzemowych, był wiodącym w projekcie, budowie i uruchomieniu detektora wierzchołka VELO w kolaboracji LHCb. Niewątpliwie zaangażowanie kandydata w tej tematyce w okresie powstawania tego subdetektora rzutuje na wybór tematu monografii. Z jednej strony bez znakomitej znajomości realiów detektora LHCb niemożliwe byłoby wykonanie przedstawionej w rozprawie analizy, z drugiej udział w pracach bardzo dobrego zespołu wykreaował detektorowe zainteresowania dr T. Szumlaka. Znaczącą część monografii stanowią:

opis: detektora wierzchołka VELO, symulacji procesu przetwarzania danych, rekonstrukcji położenia cząstek, pomiarów zdolności rozdzielczej oraz kolejnych etapów obróbki danych. Pomocnym dokumentem przy ocenie kandydata jest opinia o nim, otrzymana od prof. Chrisa Parkesa z Uniwersytetu w Manchesterze koordynatora projektu VELO w eksperymencie LHCb. W jego entuzjastycznym, szczegółowym opisie aktywności dr T. Szumlaka w kolaboracji LHCb można między innymi przeczytać: *"Dr Szumlak is widely acknowledged as being one of the key software experts of the VELO. His work, in particular the VETRA application, is also by the silicon tracker of the experiment. He is one of the key experts that runs the operation of the experiment performing shifts on running the VELO detector.... He created and lead the development of the application, VETRA, which emulated in software the data processing of the VELO data in FPGAs. This was an important and novel contribution to the experiment, as it provided bit-perfect modeling of the complex data processing algorithms and data formats of the VELO.....Dr Szumlak has made other important contributions to the data quality monitoring software of the VELO. Including for example the algorithms that allow the monitoring of the raw data from the experiment. These algorithms are used on a daily basis by the shift team that run the detector."* Imponujący zakres prac metodyczno aparaturowych wykonanych przez kandydata w eksperymencie LHCb w połączeniu z wysoką oceną przedstawienia koncepcji i poszczególnych etapów analizy procesu rozpadu $B_d^0 \rightarrow K^{*0}(892) \mu^+ \mu^-$ w monografii, upoważnia do konkluzji, że rozprawa stanowi dobrze określony i oryginalny wkład doktora Tomasza Szumlaka w badania fizyki cząstek.

Podsumowując, wybór tematu rozprawy spełnia zarówno ustawowy wymóg „oryginalnego wkładu autora w rozwój dyscypliny naukowej” jak i reguły stosowane w przypadku wykorzystywania danych uzyskanych w dużych zespołach badawczych.

Konstrukcja monografii

Rozprawa składa się z wprowadzenia i pięciu rozdziałów oraz bibliografii zawierającej 97 pozycji. We wprowadzeniu autor przedstawia ideę monografii, zawartość rozdziałów i, co ważne z punktu widzenia recenzenta, szczegółowy spis własnych dokonań w zespole eksperymentu LHCb, które stały się podstawą rozprawy.

W rozdziale pierwszym uzasadnia krótko, ale kompetentnie znaczenie analizy rozpadu $B_d^0 \rightarrow K^{*0}(892) \mu^+ \mu^-$ w poszukiwaniach sygnałów Nowej Fizyki poza Modelem Standardowym. Wprowadzenie podstaw dotyczących rzadkich przejść kwarkowych $b \rightarrow s$, w szczególności procesów zmieniających zapach w drodze wymiany prądów neutralnych (FCNC) również jest przedstawione skrótowo, ale z dobrze przemyślaną selekcją zagadnień istotnych w zrozumieniu analizy, co uważam jako dowód kompetencji autora w zakresie teorii oddziaływań cząstek. Druga część rozdziału pierwszego zawiera spis elementów spektrometru LHCb ze szczególnym wyeksponowaniem detektora wierzchołka VELO jako unikalnego narzędzia do rekonstrukcji wierzchołków pierwotnych, wtórnych i wyznaczenia parametru zderzenia, kluczowego dla analiz rzadkich rozpadów mezonów pięknych ($B_{d(s)}$) i powabnych (D, D^*) i ich czasów życia. O ile czytając rozdział pierwszy można oceniać przygotowanie teoretyczne, umiejętność wyboru przedstawianych zagadnień i logiczną konstrukcję tej części rozprawy, następne trzy rozdziały pozwalają na ustosunkowanie się do inicjatyw kandydata, ich realizacji i wartości naukowej.

Rozdział drugi poświęcony jest opisowi autorskiej propozycji kandydata stworzenia platformy programowej zawierającej pełną emulację procedury selekcji sygnałów z detektora VELO, realizacji tego projektu i pożytkom płynącym z jego wdrożenia w procesie zbierania danych. Pierwsze stopnie systemu wyzwalania w eksperymentach fizyki cząstek automatycznie przetwarzają sygnały analogowe z detektora, digitalizują je, selekcjonują sygnały pochodzące od cząstek, eliminują szumy aparaturowe i zapisują w strukturze banku danych surowych, który jest bazą danych dla wyższych stopni trygera. W eksperymencie LHCb również bank danych surowych tworzony jest przez systemy elektroniczne, a informacje w nim zapisane nie mogą w

dalszej procedurze być już modyfikowane. Dlatego kontrola tego procesu jest niezwykle istotna dla jakości danych eksperymentu używanych do wszystkich analiz fizycznych eksperymentu. Emulacja procedury selekcji sygnałów jest oryginalnym pomysłem dr T. Szumlaka. Realizacja tej koncepcji zaowocowała powstaniem platformy VETRA umożliwiającej kalibrację i kontrolę systemu akwizycji danych detektora VELO (także innych detektorów krzemowych). Rozdział rozprawy poświęcony temu etapowi procesowania danych ewidentnie wskazuje na wiodącą rolę kandydata w powstaniu systemu, dzięki któremu detektor VELO pierwszy zarejestrował cząstki w eksperymencie LHCb. W konstrukcji tego rozdziału i jego redakcji widać wysokie kompetencje autora zarówno w dziedzinie elektroniki, systemów komputerowych, detektorów a także w zakresie potrzeb podyktowanych analizami fizycznymi wykorzystującymi zbierane dane. Na ważną rolę dr T. Szumlaka w powstaniu platformy VECTRA wskazuje również fakt, że kolaboracja powierzyła mu przedstawienie tego osiągnięcia na cyklicznej międzynarodowej konferencji CHEP 2009 (Computing in High Energy and Nuclear Physics). W dalszej części rozdziału drugiego autor prezentuje bardzo rozsądny wybór przykładów zastosowania emulatora także w trakcie procesu zbierania danych (kontrola detektora i systemu akwizycji danych, kalibracja).

Rozdział trzeci monografii w sensie zawartości utrzymany jest w podobnej konwencji jak poprzedni. Zawiera, co prawda, generalny opis procedur eksperymentalnych, istotnych dla analizy rozpadu $B_d^0 \rightarrow K^{*0}(892) \mu^+ \mu^-$, ale główny nacisk i szczegółowe rozważania dotyczą pomiaru przestrzennej zdolności rozdzielczej detektora wierzchołka VELO, której badanie i pomiar były wkładem kandydata w prace nad rekonstrukcją śladów cząstek. W detektorze wierzchołka sensory krzemowe są umieszczone prostopadle do osi wiązki i charakteryzują się zmienną szerokością pasków, która zależy od odległości od wiązki. Wymagało to nie trywialnej segmentacji detektora, opracowaniu modelu podziału ładunku pomiędzy paski w celu rekonstrukcji pozycji cząstki i wyznaczenia jej niepewności. Efektem prac kandydata nad tym zagadnieniem jest udział w przygotowaniu oprogramowania używanego podczas rekonstrukcji śladów i wyznaczenie funkcji opisującej przestrzenną zdolność rozdzielczą detektora VELO. Dalsze dopracowanie tej koncepcji niewątpliwie wpłynie na uzyskanie lepszej rozdzielności detektora VELO, warunkującej jakość rekonstrukcję wierzchołków i parametrów zderzenia. Opis całej procedury zawarty w trzecim rozdziale świadczy o wysokiej kompetencji kandydata i istotnym jego udziale w rozwoju systemu analizy danych LHCb. Pewien niepokój budzą losy dwukrotnie cytowanej w rozdziale trzecim, publikacji dr T. Szumlaka (pozycja w bibliografii [69]), która miała być wydrukowana w *Journal of Instrumentation* w 2013 roku, a nie można jej znaleźć nawet na aktualnej liście upublicznych not eksperymentu LHCb.

Rozdział czwarty rozprawy jest kluczowym jak chodzi o metodykę i perspektywy analizy materiału doświadczalnego LHCb pod kątem poszukiwania pośrednich efektów sygnalizujących Nową Fizykę. Precyzyjny pomiar asymetrii ładunkowej przód-tył rzadkiego rozpadu $B_d^0 \rightarrow K^{*0}(892) \mu^+ \mu^-$ budzi nadzieję na wykrycie odstępstw od przewidywań Modelu Standardowego w sektorze ciężkich zapachów. Asymetria wyliczona teoretycznie przy pomocy efektywnego Hamiltonianu zależnego od współczynników Wilsona powinna być czuła na istnienie nowych masywnych stanów nie występujących w MS. Jak dotychczas próby wykrycia odstępstw od MS tą drogą przez eksperymenty BaBar, Belle i CDF, a także dwie próby eksperymentu LHCb się nie powiodły. Grupa eksperymentu LHCb z Glasgow, której T. Szumlak był członkiem, zaproponowała alternatywną metodę analizy asymetrii opartą na technice tzw. „okien Parzena”, bardziej czułą od konwencjonalnej metody histogramów. Jednym z realizatorów tej próby był kandydat. Założeniem tej nowatorskiej koncepcji było sprawdzenie czy metoda Parzena może być zastosowana do analizy danych w eksperymencie LHCb i określenie przy pomocy symulacji Monte Carlo jaka statystyka przypadków jest potrzebna do rozstrzygnięcia czy zmierzona asymetria jest zgodna z przewidywaniami MS. Na oba te pytania można znaleźć odpowiedź w rozdziale czwartym rozprawy, który zawiera pełny opis procedury eksperymentalnej, testy i

dyskusje wyników i krytyczne porównanie tego nowego narzędzia w stosunku do dotychczas stosowanych.

Rozdział piąty – podsumowanie i uwagi końcowe, jest napisany poprawnie, ale nie zawiera nic nowego oprócz zapowiedzi, że wszystko (wynik pomiaru asymetrii i konkurencja binowanej i niebinowanej techniki) rozstrzygnie się po „*upgrade*” eksperymentu LHCb czyli w latach 2015-2017.

Walory rozprawy

Powstanie tego typu monografii jaką jest rozprawa dr T. Szumlaka uważam za bardzo pożyteczne. Najwartościowsze cechy monografii to:

- Wykonanie samodzielnej analizy możliwości wykorzystania nieparametrycznej i niebinowanej metody rekonstrukcji rozkładów gęstości prawdopodobieństwa (metoda Parzena)
- Projekt, wykonanie i opis funkcjonowania platformy do emulacji działania części układu odczytu danych dla detektora VELO (platforma VETRA)
- Opracowanie algorytmu do precyzyjnej rekonstrukcji cząstek w detektorze VELO oraz zbadanie zdolności rozdzielczej tego detektora
- Kompetentne i jasne przedstawienie podstaw teoretycznych badania rozpadu $K^{*0}(892) \mu^+ \mu^-$
- Logicznie spójna redakcja rozprawy

Uwagi krytyczne

Uchybienia, które zauważyłam nie podważają istotnych wartości rozprawy i są następujące:

- Wielokrotne podkreślanie w tekście rozprawy własnych osiągnięć, a przecież było to sprecyzowane we wstępie, poza tym widoczne jest w jakości i precyzji opisu poszczególnych zagadnień.
- Brak w abstrakcie i wprowadzeniu informacji o eksperymencie i materiale doświadczalnym na którym oparta jest analiza (akcelerator, wiązka, statystyka przypadków), informacja o 900 przypadkach, będących przedmiotem analizy, zarejestrowanych w 2011 roku znajduje się tylko w odnośniku u dołu jednej ze stron,
- Pochopna informacja o opublikowaniu pozycji [69] w *Journal of Instrumentation* (uwaga w ocenie rozdziału trzeciego monografii).
- Nieliczne, co prawda, błędy edytorskie – np. niekonsekwentny zapis reakcji $B^0_d \rightarrow K^{*0}(892) \mu^+ \mu^-$ lub $B^0 \rightarrow K^{*0}(892) \mu^+ \mu^-$, odnośnik do Fig 1.10 na stronie 76 (przekrój detektora LHCb zamiast kształtu asymetrii w różnych modelach)

Ocena dorobku naukowego

Dorobek publikacyjny dr Tomasza Szumlaka jest bardzo bogaty. Udział kandydata w dwóch wielkich eksperymentach (DELPHI i LHCb) zaowocował 271-ma publikacjami odnotowanymi w bazie JCR. Liczba cytowań tych prac (bez autocytowań) wynosi 3651, a indeks Hirscha parametryzujący te dane $h=25$. Jest to nawet w skali fizyków wysokich energii pracujących w dużych zespołach eksperymentalnych wynik wysoki. Ze względu na reguły współautorstwa obowiązujące w dużych kolaboracjach, oprócz powyższych danych liczbowych kandydat zamieścił w materiałach wniosku tylko wykaz 28 publikacji z listy JCR, dla każdej precyzując swój udział w granicach 5 –100% (z podaniem swojego merytorycznego wkładu). W tej samej konwencji Dr T Szumlak podaje współautorstwo 12 not z eksperymentów DELPHI i LHCb.

Warto podkreślić udział kandydata w 5-ciu publikacjach dotyczących detektora, które w odróżnieniu od prac eksperymentu LHCb, podpisywanych przez kilkuset autorów, są publikowane przez niewielki zespół. Także 6 not dokumentujących prace detektorowe eksperymentu LHCb, w których swój wkład T. Szumlak ocenia na poziomie 90 – 100% ma tylko dwóch autorów.

Dr T. Szumlak wygłosił 12 referatów na konferencjach międzynarodowych, W ramach działalności w kolaboracjach DELPHI i LHCb przedstawił około 15 referatów na spotkaniach roboczych i warsztatach.

Dalszy rozwój działalności naukowej kandydata, który nie był wyeksponowany w monografii jest jego uczestnictwo w projekcie modernizacji detektora VELO przewidzianej w dwuletnim okresie shut-downu akceleratora. Grupa krakowska w kolaboracji LHCb pod kierownictwem kandydata zadeklarowała wykonanie projektu elektronicznego układu odczytu front-end, przygotowanie algorytmów do obróbki danych surowych i wstępnej rekonstrukcji pozycji rejestrowanych cząstek, przygotowanie symulacji odpowiedzi detektora oraz wkład w opracowanie procedury pozycjonowania sensorów. Nową inicjatywą dr T. Szumlaka jest również projekt analizy zniszczeń radiacyjnych z wykorzystaniem możliwości jakie oferuje trzyletnia eksploatacja detektora VELO.

Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Działalność dydaktyczną dr T. Szumlak rozpoczął w na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej w AGH w czasie studiów doktoranckich. Były to ćwiczenia rachunkowe z fizyki oraz laboratoria komputerowe. Na uniwersytecie w Glasgow początkowo prowadził ćwiczenia rachunkowe z podstaw fizyki współczesnej. Od 2007-go roku był kierownikiem laboratorium zaawansowanych technik programowania na specjalizacji „Fizyka Teoretyczna i Obliczenia na Sieciach”. W Wielkiej Brytanii prowadził 4 prace magisterskie i był opiekunem pomocniczym dwóch prac doktorskich. W czasie pobytu w CERN-ie zajmował się studentami letnimi w ramach programu Summer Students i brał udział w brytyjskim programie szkoleniowym dla studentów fizyki wysokich energii. Po powrocie do Krakowa opracował 5 wykładów monograficznych z czego 2 zostały włączone w podstawowy program studiów w WFiIS, a pozostałe są wykładami obieralnymi. W ramach obowiązków dydaktycznych na Wydziale wykonuje pensum 230 godzin rocznie i prowadził/prowadzi 9 prac magisterskich i inżynierskich. O uznaniu zdolności dydaktycznych dr T. Szumlaka świadczy fakt zaproszenia go w 2013 roku do wygłoszenia dwóch wykładów na uniwersytetach w Glasgow i Manchesterze na temat eksperymentów fizyki wysokich energii oraz zastosowania procesorów graficznych w fizyce cząstek.

W ramach działalności organizacyjnej w trakcie pobytu w Glasgow kierował projektem VETRA, w CERN-ie był jednym z głównych ekspertów odpowiedzialnych za uruchomienie oraz kontrolę detektora wierzchołka LHCb, a od 2012-go roku pełni rolę kierownika krakowskiej części grupy VELO. Imponujący jest również udział dr T. Szumlaka w 5-ciu polskich i 3-ch angielskich projektach badawczych. Organizował lub współorganizował 3 międzynarodowe spotkania w Krakowie.

Wniosek końcowy

Uważam, że dr Tomasz Szumlak jest dojrzałym, samodzielnym i bardzo aktywnym fizykiem eksperymentatorem. Stwierdzam, że rozprawa habilitacyjna i dorobek naukowy dr Tomasza Szumlaka spełniają warunki przewidziane rozporządzeniem MNiSW i wnoszę o dopuszczenie do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

