

Prof. dr hab. Maria Róžańska
Instytut Fizyki Jądrowej
im. Henryka Niewodniczańskiego PAN
w Krakowie

**Recenzja rozprawy habilitacyjnej dra inż. Tomasza Szumlaka pt.
“Performance of the LHCb Vertex Locator and the measurement of the forward-
backward asymmetry in $B_d^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$ decay channel”
oraz ocena jego dorobku naukowego i dydaktycznego
w związku z postępowaniem o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego.**

1. Recenzja rozprawy habilitacyjnej

1.1 Zawartość rozprawy

Rozprawa habilitacyjna pana dr. inż. Tomasza Szumlaka zawiera opis trzech projektów wykonanych przez autora w latach 2005-2013 w ramach eksperymentu LHCb, których tematyka związana jest z działaniem krzemowego detektora wierzchołka VELO (VERtex LOCator) oraz badaniami rzadkiego rozpadu $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$.

Praca składa się z pięciu rozdziałów, z których pierwszy stanowi krótkie wprowadzenie do tematyki rozprawy i obejmuje zarówno wybrane zagadnienia teoretyczne związane z rzadkimi rozpadami mezonów pięknych, jak i bardzo zwięzły opis spektrometru LHCb, ze szczególnym uwzględnieniem detektora wierzchołka. W kolejnych dwóch rozdziałach przedstawiono zagadnienia związane z przetwarzaniem, monitorowaniem i analizą danych z detektora VELO. Pierwszy z nich poświęcony jest procesowi przetwarzania danych od poziomu elektroniki odczytu po rekonstrukcję klastrów w poszczególnych sensorach, dokonywany przez elektroniczne układy, Tell1 (Trigger ELECTronic LI), należące do poziomu L1 układu wyzwalania aparatury. Moduły Tell1 przeprowadzają digitalizację sygnałów analogowych oraz ich dalszą obróbkę za pomocą programowalnych układów FPGA, stosując skomplikowane algorytmy w języku opisu sprzętu HDL. Wynikiem procedury są informacje o klastrach zrekonstruowanych dla danego przypadku, zakodowane w tzw. banku surowym (RawBank), którego zawartość jest przesyłana do układu wyzwalania wysokiego poziomu (HLT). Główną treść rozdziału stanowi opis platformy programowej VETRA, która odegrała bardzo istotną rolę w poprawnym działaniu tej części akwizycji danych. VETRA, która jest autorskim projektem habilitanta, zawiera pełną emulację przetwarzania danych w modułach Tell1, umożliwiając kontrolę, kalibrację i optymalizację wszystkich algorytmów wykonywanych przez układy FPGA. Platforma VETRA jest także wykorzystywana do monitorowania detektora VELO w czasie rzeczywistym podczas zbierania danych. Zważywszy, że nie ma możliwości późniejszego modyfikowania danych zapisanych w banku surowym, trudno przecenić rolę pakietu VETRA przy uzyskaniu odpowiedniej jakości danych z detektora VELO. Prawidłowość działania tego narzędzia najlepiej potwierdza wysoka jakość danych uzyskiwanych w eksperymencie LHCb, a o jego przydatności świadczy również fakt, że jest ono stosowane przez inne detektory krzemowe spektrometru LHCb.

Kolejne zagadnienia związane z detektorem VELO, przedstawione w trzecim rozdziale rozprawy, dotyczą jego charakterystyk w analizie *off-line*. Po krótkim omówieniu

rekonstrukcji torów i pozycjonowania VELO, dr Szumlak szczegółowo dyskutuje przestrzenną zdolność rozdzielczą detektora. Algorytmy do łączenia sygnałów z sąsiednich pasków (klasteryzacja) oraz pomiary i parametryzacja przestrzennej zdolności rozdzielczej VELO stanowią autorski wkład habilitanta do wyników LHCb. Optymalizacja procedury klasteryzacji w decydującym stopniu wpływa na ostateczną zdolność rozdzielczą detektora, która przekłada się na dokładność rekonstrukcji wierzchołków i parametrów zderzenia, stanowiących kluczowy element praktycznie wszystkich analiz prowadzonych w LHCb. Niemniejsze znaczenie ma precyzja, z jaką znana jest zdolność rozdzielcza detektora, gdyż niedokładności w jej ocenie mogą generować niebezpieczne efekty systematyczne. W przypadku detektora VELO zadanie to jest szczególnie trudne, z powodu bardzo nietypowej i skomplikowanej geometrii tego urządzenia¹. Szczegółowa analiza przestrzennej zdolności rozdzielczej detektora VELO i jej parametryzacja stanowią istotny element poprawnej rekonstrukcji torów w eksperymencie LHCb i mają bezpośredni wpływ na jakość uzyskiwanych wyników. Opracowane przez autora procedury są stosowane w eksperymencie LHCb w analizach *on-* i *off-line*. Tę część rozprawy kończą dwa krótkie podrozdziały przedstawiające uzyskane zdolności rozdzielcze dla parametru zderzenia oraz rekonstruowanych wierzchołków. Otrzymane rezultaty, jak podkreśla autor rozprawy, stawiają detektor VELO na pierwszym miejscu wśród detektorów wierzchołka, działających obecnie przy LHC. Jest to niewątpliwie wyróżniające osiągnięcie, jednak bardziej interesowałoby mnie odniesienie uzyskanych dokładności do programu fizycznego LHCb. W tej części rozprawy brakuje mi bardziej ilościowej informacji, jak otrzymane wyniki przekładają się na czułości prowadzonych pomiarów. Z pewnością w eksperymencie istnieje zestaw obserwabli, stanowiących punkt odniesienia przy optymalizacji i ocenie charakterystyk detektora VELO i przedstawienie kilku z nich w kontekście uzyskanych zdolności rozdzielczych pozwoliłoby znacznie lepiej pokazać wartość otrzymanych wyników.

W ostatnim rozdziale rozprawy (poprzedzającym podsumowanie) autor opisuje analizę rzadkiego rozpadu $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$, który zachodzi przez elektrosłaby diagram pętlowy z kwarkowym przejściem $b \rightarrow s$. Proces ten jest silnie tłumiony w modelu standardowym (MS), co przy dużej liczbie obserwabli i stosunkowo dobrej dokładności przewidywań teoretycznych zwłaszcza dotyczących asymetrii przód-tył, sprawia że jest on aktywnie badany w poszukiwaniu efektów tzw. nowej fizyki. Ze względu na czystą sygnaturę stanu końcowego, rozpad $B^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$ bardzo dobrze nadają się do badania w warunkach eksperymentu LHCb, co wykazały już pierwsze publikacje na ten temat. Jednak dotychczasowe wyniki pokazują, że nie należy oczekiwać spektakularnych odstępstw od przewidywań modelu standardowego i ewentualna obserwacja efektów spoza MS wymaga znacznej poprawy dokładności pomiarów. Podstawowym warunkiem jest tu oczywiście zgromadzenie większej próbki danych. Równocześnie jednak należy rozwijać narzędzia analizy w celu pełnego wykorzystania potencjału zawartego w materiale doświadczalnym. W pracy przedstawiono ciekawą propozycję zastosowania metody okien Parzena do doświadczalnego wyznaczenia asymetrii przód-tył jako funkcji kwadratu masy efektywnej par $\mu^+ \mu^- (q^2)$. Metoda Parzena pozwala uzyskać nieparametryczną estymację funkcji gęstości prawdopodobieństwa rozkładu dyskretnego i jest dość często stosowana w analizach fizycznych do reprezentowania wyników symulacji Monte Carlo. Wykorzystanie tej metody bezpośrednio do danych doświadczalnych jest nowe i ma potencjalnie wiele zalet. Najważniejsza z nich to możliwość przedstawienia rozkładów eksperymentalnych jako funkcji ciągłych bez wprowadzania parametryzacji, a więc w sposób niezależny od modelu.

¹ Jednak stwierdzenie umieszczone w autoreferacie, że prostopadła orientacja sensorów w stosunku do osi wiązki jest zupełnie nowym podejściem, wydaje się być je skrótem myślowym – już w eksperymencie NA32 paski detektorów były położone w płaszczyznach prostopadłych do wiązki, choć oczywiście geometria detektorów była znacznie prostsza.

W szczególności, zaproponowane podejście pozwala w badanym kanale wyznaczyć wartość q^2 , przy której asymetria przód-tył zmienia znak (wielkość ta jest uważana za jeden z najczulszych testów modelu standardowego), bez konieczności stosowania interpolacji pomiędzy przedziałami histogramu. Analiza przeprowadzona przez kandydata wykazała jednak, że technika ta wymaga znacznych statystyk i może być przydatna do pomiaru omawianej asymetrii przy próbce danych kilkakrotnie wyższej niż obecnie dostępna. Pewnym mankamentem przedstawionej analizy jest fakt, iż opiera się ona w całości na symulacjach Monte Carlo. Myślę, że ze względu na nowość zaproponowanego podejścia, przedstawione konkluzje byłyby bardziej przekonujące, gdyby metodę wytestowano na danych z wykorzystaniem odpowiednio dobranych kanałów kontrolnych, np. do pomiaru asymetrii CP zależnej od czasu w rozpadach $B \rightarrow J/\psi K_S$, gdzie liczebność próbki powinna być wystarczająca. Lekki niedosyt pozostawia również prezentacja wyników dotyczących selekcji przypadków poszukiwanego rozpadu. Zamieszczone rysunki i tabele odnoszą się wyłącznie do sygnału z pominięciem tła; w szczególności brakuje informacji jaki jest wpływ poszczególnych cięć na wydajność detekcji analizowanego kanału i w jakim stopniu poprawiają one czystość próbki. Nie wskazano także jakie kryteria przyjęto przy optymalizacji wyboru sygnału. Uważam, że podanie takich informacji podniosłoby walory dydaktyczne rozprawy, tym bardziej że jest ona napisana bardzo jasno i przystępnie, a szeroki zakres poruszanych zagadnień, obejmujący kolejne etapy przetwarzania i obróbki danych, sprawia, że praca może być wykorzystana jako dobre wprowadzenie dla młodych fizyków, podejmujących badania dziedzinie doświadczalnej fizyki wysokich energii.

Monografię kończy podsumowanie wraz z krótką informacją na temat dalszego rozwoju przedstawionych opracowań.

Rozprawa została przygotowana bardzo starannie (wykaz paru usterek redakcyjnych podaje w dalszej części recenzji) z dużą dbałością o przejrzystość prezentacji. Jasność opisu dobrze świadczy o doskonałej orientacji autora w omawianych zagadnieniach. Myślę natomiast, że krótkie zestawienie możliwości i ograniczeń eksperymentu LHCb oraz porównanie ich z innymi projektami w dziedzinie fizyki zapachu, byłoby pożytecznym uzupełnieniem przedstawionej monografii.

1.2 Znaczenie uzyskanych wyników i wkład dra Tomasza Szumlaka

LHCb jest obecnie najważniejszym eksperymentem, działającym w sektorze kwarkowym fizyki zapachu, a uzyskiwane wyniki testują dynamikę słabych oddziaływań z nieosiąganą wcześniej dokładnością. Kandydat uczestniczy w pracach LHCb od blisko 10 lat, wydatnie przyczyniając się do powodzenia tego przedsięwzięcia. Swoją działalność skoncentrował na kluczowej części aparatury, jaką jest detektor VELO, stając się ekspertem i koordynatorem kilku projektów z tym związanych. Opracowania dra Szumlaka związane detektorem VELO stanowią istotny element w układzie wyzwalań wysokiego poziomu (HLT), monitorowaniu danych w czasie rzeczywistym, oraz w analizach fizycznych i tym samym wnoszą przyczynę do wszystkich wyników uzyskiwanych w eksperymencie. Wkład habilitanta jest jasno przedstawiony w autoreferacie, szczegółowo opisany w rozprawie i udokumentowany w publikowanych artykułach oraz notach technicznych LHCb. Na duże znaczenie prac dra Szumlaka wykonanych w ramach eksperymentu LHCb wskazuje również w swoim liście prof. Ch. Parkes z uniwersytetu w Manchesterze.

1.3 Uwagi szczegółowe

Monografia została starannie przygotowana od strony redakcyjnej, z niewielką liczbą drobnych pomyłek językowych. Poniżej wymieniam nieliczne usterki i nieścisłości, które niekiedy utrudniają czytanie rozprawy.

Str. 17, wiersz 4 podrozdziału 1.2.2 – pozycje literatury [24, 25] dotyczące fabryk B pierwszej generacji w istocie odnoszą się do eksperymentów Belle i CDF (wg niektórych definicji TEVATRON można uznać za fabrykę B), natomiast pominięto eksperyment BaBar.

Str. 17, wiersz 6 podrozdziału 1.2.2 – cytując wcześniejsze pomiary procesów typu FCNC, ze zmianą zapachu $\Delta F=1$, autor przytacza jedynie wyniki Belle i CDF (pozycje literatury [24, 25]), ponownie pomijając eksperyment BaBar. Cytuje przy tym wyłącznie wyniki dotyczące rozpadów $B \rightarrow K^{(*)} \mu^+ \mu^-$, podczas gdy istnieje szereg interesujących pomiarów dla innych przejść tego rodzaju, takich jak hadronowe rozpady $B \rightarrow \phi(\eta') K^{(*)}$, czy inkluzywne i ekskluzywne rozpady radiacyjne $B \rightarrow X_s \gamma$, gdzie pomiary doświadczalne osiągnęły precyzję porównywalną z dokładnością obliczeń teoretycznych. Warto w tym miejscu zauważyć, że pomiary z fabryk B dla inkluzywnych przejść $B \rightarrow X_s \gamma$ dostarczają obecnie najsilniejszych ograniczeń na modele supersymetryczne. Nie mogę się zatem zgodzić z zaliczeniem rozpadów typu $b \rightarrow s \gamma$ do tej grupy procesów, których badanie umożliwia dopiero eksperyment LHCb (str. 17, wiersze 6-8).

W całej rozprawie autor konsekwentnie wymienia tylko rozpady mezonów B_d i B_s , co może błędnie sugerować nieprzydatność mezonów B_u przy poszukiwaniu efektów wykraczających poza model standardowy. Znalazło to nawet odbicie w wykazie literatury, gdzie w kilku przypadkach zmieniono tytuły publikacji, niesłusznie zawężając tematykę cytowanych prac do rozpadów B_d (pozycje literatury [26], [27], [28], [73], [75], [76], [77]).

Str. 72, opis rys. 4.2 „...angle between the \bar{K}^{*0} ...” powinno być „...angle between the K^- ...”

Str. 77, Tabela 4.1 – dla wszystkich trzech cytowanych eksperymentów przytoczono nietaktualne wyniki; obecne pomiary mają kilkakrotnie mniejsze niepewności statystyczne.

Str. 93, Tabela 4.5, pierwszy wiersz 3. kolumny, „ 0.88 ± 0.02 %” powinno być „ 0.88 ± 0.02 ”

Str. 116, pozycja literatury [16], „ $B \rightarrow \mu^+ \mu^-$ ” powinno być „ $B_s \rightarrow \mu^+ \mu^-$ ”.

W kilku miejscach czwartego rozdziału są błędne odwołania do rysunków (str. 88, 93, 94, 103).

Powyższe, drobne zastrzeżenia nie zmieniają mojej wysokiej oceny merytorycznej przedłożonej rozprawy habilitacyjnej i stwierdzam, że wyniki zawarte w przedstawionej przez pana dra inż. Tomasza Szumlaka monografii pt. “Performance of the LHCb Vertex Locator and the measurement of the forward-backward asymmetry in $B_d^0 \rightarrow K^{*0} \mu^+ \mu^-$ decay channel” stanowią znaczące osiągnięcie naukowe w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych.

2. Ocena dorobku naukowego i dydaktycznego

Pan dr inż. Tomasz Szumlak ukończył studia w zakresie fizyki na Wydziale Fizyki i Techniki Jądrowej AGH w 2001 r., wykonując pracę magisterską na temat oddziaływań dwufotonowych w eksperymencie DELPHI. Współpracę z tym eksperymentem kontynuował podczas studiów doktoranckich, nadal prowadząc prace związane z badaniami oddziaływań dwufotonowych i przygotowując rozprawę doktorską poświęconą pomiarom hadronowej części funkcji struktury elektronu, obronioną z wyróżnieniem w 2004 r. Po uzyskaniu stopnia doktora pan Szumlak podjął współpracę z eksperymentem LHCb, którą kontynuuje do dzisiaj. Jego główna działalność w tej współpracy została omówiona w recenzji, w części dotyczącej rozprawy habilitacyjnej. Tutaj dodam, że uczestniczył także w pracach aparaturowych przy montażu i testach detektora VELO, a obecnie jest zaangażowany w prace nad modernizacją detektora LHCb, w szczególności nad nową wersją detektora wierzchołka VELOpix, który będzie wyposażony w detektory mozaikowe. Należy przy tym podkreślić, że będąc uczestnikiem tak dużej współpracy jak LHCb, znaczną część swych zadań pełni jako ekspert lub koordynator projektów, co jest doskonałym świadectwem jego kompetencji i samodzielności.

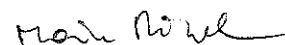
Dr inż. Tomasz Szumlak ma okazały dorobek publikacyjny. Według dostarczonych przez niego danych, składa się na to 250 oryginalnych artykułów, które ukazały się w bazie JCR, (w tym 229 po doktoracie), oraz kilkanaście innych opracowań. Prace te mają doskonałe wskaźniki bibliometryczne; były one cytowane łącznie ponad 4000 razy, a indeks Hirsha wynosi 25 (wg bazy ISI Web of Science, dane z 30.11.2013 r.). Tak duża liczba publikacji jest oczywiście związana z jego uczestnictwem w dwóch wielkich eksperymentach, DELPHI oraz LHCb i większość z prac ma wielu współautorów. Należy jednak podkreślić, że w przypadku współpracy LHCb, opracowania kandydata związane z detektorem VELO i rekonstrukcją torów stanowią nieodzowny element w procesie zbierania i analizy danych, w dużym stopniu wpływając na całość materiału doświadczalnego, a co za tym idzie i na jakość wszystkich publikowanych wyników fizycznych. W swoim autoreferacie kandydat wyróżnia listę 42 publikacji (28 z bazy JCR), gdzie bardziej szczegółowo przedstawia swój wkład, który dla artykułów z listy JCR typowo oceniony jest w zakresie od 5% do 25%. Wśród pozostałych opracowań 10 powstało poważnym lub decydującym wkładem (od 50% do 100%) habilitanta. Są to materiały konferencyjne oraz noty techniczne współpracy LHCb. Zważywszy, że te ostatnie są bardzo wnikliwie oceniane w ramach współpracy, ich waga jest porównywalna z publikacjami w recenzowanych czasopiśmie. Wybrane przez kandydata artykuły obejmują publikacje z wynikami eksperymentu DELPHI związane z oddziaływaniami $\gamma\gamma$ (4 prace przed doktoratem i 7 po jego uzyskaniu), opracowania aparaturowe dla LHCb, oraz kilka publikacji z wynikami fizycznymi LHCb o zróżnicowanej tematyce. Na uwagę zasługują dwie publikacje z listy JCR (pozycje C10 i C12 w dostarczonym spisie publikacji) poświęcone detektorom w bardzo ciekawej technologii 3D, oraz trzy inne opracowania związane z dalszym rozwojem spektrometru LHCb, świadczące o aktywności kandydata w poszukiwaniu nowych rozwiązań aparaturowych.

Wysoko należy ocenić pozycję i aktywność kandydata na arenie międzynarodowej i w kraju. W ramach swojej działalności naukowej, odbył on kilka stażów zagranicznych, w tym najdłuższy w latach 2005-2009 w uniwersytecie w Glasgow, nawiązując bliską, kontynuowaną do dziś współpracę z grupą prof. Ch. Parkesa. Wyrazem uznania dla jego działalności jest przyznanie mu honorowych stanowisk („honorary fellowship position”) w uniwersytetach Glasgow i Manchester, gdzie wygłaszał proszone wykłady. Dr Szumlak wielokrotnie reprezentował współpracę LHCb i DELPHI podczas międzynarodowych konferencji, wygłaszając kilkanaście referatów i współorganizował trzy międzynarodowe konferencje i warsztaty. Kandydat jest członkiem kilku ciał kierowniczych we współpracach LHCb i RD50 (Radiation hard semiconductor devices for very high luminosity colliders). Był uczestnikiem trzech zagranicznych i kilku krajowych projektów badawczych. Jest autorem dwóch ekspertyz związanych z zastosowaniami obliczeń rozproszonych w fizyce wysokich energii.

Dr inż. Tomasz Szumlak ma duże doświadczenie dydaktyczne. Prowadził zajęcia na poziomie ćwiczeń rachunkowych i laboratorium komputerowego już w trakcie studiów doktoranckich, a następnie podczas stażu naukowego w Glasgow. W trakcie pobytu w Glasgow opiekował się także czterema pracami magisterskimi oraz pełnił rolę promotora pomocniczego w dwóch przewodach doktorskich. Jako pracownik AGH prowadził pięć wykładów monograficznych, kierował czterema pracami inżynierskimi, a obecnie opiekuje się czterema pracami magisterskimi i jedną pracą dokorską w roli promotora pomocniczego. Angażował się również w inne przedsięwzięcia edukacyjne, m.in. współpracując z międzynarodowym kołem studentów BEST i uczestnicząc w brytyjskim programie szkoleniowym „Ask the expert”.

3. Opinia końcowa

Dr Tomasz Szumlak jest dojrzałym i aktywnym fizykiem, doskonale przygotowanym do samodzielnego prowadzenia działalności badawczej i dydaktycznej. Jego kompetencje są wysoko cenione w międzynarodowym środowisku naukowym. Po zapoznaniu się z dorobkiem naukowym i dydaktycznym oraz z rozprawą habilitacyjną kandydata, stwierdzam że spełniają one w pełni wymagania ustawowe i z pełnym przekonaniem popieram wniosek o nadanie panu dr. inż. Tomaszowi Szumlakowi stopnia naukowego doktora habilitowanego.



Maria Różańska

Kraków, 4 kwietnia 2014 roku