

Recenzja rozprawy doktorskiej Wojciecha Artura Krupy *Towards first observation of the $B_s^0 \rightarrow D_s^{*\mp} K^{*\pm}$ decay and calibration of the Upstream Tracker detector.*

Rozprawa doktorska mgr Wojciecha Krupy (z AGH) dotyczy analizy rozpadu mezonu B



oraz kalibracji nowego detektora w eksperymencie LHCb – tzw. Upstream Tracker.

Praca wymagała dobrej znajomości mechanizmów wielu rozpadów cząstek pięknych (zawierających kwark b, czyli piękny), oraz wyrafinowanej wprawy w prowadzeniu skomplikowanych operacji programistycznych.

Rozpocznę od stwierdzenia, że praca zdecydowanie spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim.

Część pierwsza pracy stanowi wprowadzenie do opisu konstrukcji i działania Modelu Standardowego, niezbędnego przy analizie zjawisk fizyki wysokich energii. Opisuje też ograniczenia modelu i problem asymetrii liczby barionów i antybarionów we Wszechświecie, i szczegółowo opisuje zagadnienie łamania symetrii CP i sprawę macierzy Cabibbo-Kobayashi-Maskawa. Ponieważ w swojej analizie danych autor pracuje nad wyznaczaniem tzw. kąta γ , sporo miejsca poświęca opisowi istniejących modeli związanych z tym elementem.

Następny rozdział pracy dotyczy opisu eksperymentu LHCb przy akceleratorze LHC w CERNie, odnosząc się również do pozostałych eksperymentów przy tym akceleratorze. Szczegółowo opisane są poszczególne elementy eksperymentu LHCb, który jest układem złożonym. Poznajemy sposób rejestracji danych, ich rekonstrukcji i przepływu danych. Ważnym elementem jest opis triggera – czyli tzw. Tracking detektora, TT, „wyzwalacza”, wybierającego spośród wielkiej liczby danych te, które są potrzebne dla danej analizy fizycznej.

Kolejny, trzeci rozdział opisuje proponowany przy nowych naświetleniach (po przerwie) tzw. Upstream Tracker. W rozdziale tym opisane są motywacja projektu oraz wymagania ze względu na planowane analizy fizyczne. W szczególności potrzebne jest przygotowanie do znacznie wyższej niż w poprzednich naświetleniach świetlności. Trzeba przygotować sprzęt na znaczne napromieniowanie. No i oczywiście – liczyć się z planem budżetowym.

W zespole eksperymentu LHCb na uczelni AGH opracowano nowy system detekcji przy użyciu 128 kanałowego tzw. ASIC-Salt (Silicon ASIC for LHCb Tracking). Celem elementu (chip) SALT jest konwersja sygnałów analogowych sygnałów czujnika, przeprowadzenie zaawansowanego programu „digital processing” i przygotowanie wyników do serializacji. Po licznych przekształceniach wyniki transmitowane są do tzw. event builder, czyli używane do konstrukcji badanego zdarzenia.

Autor opisuje szczegółowo dalsze elementy konstrukcji.

Czwarty rozdział pracy poświęcony jest dokładnej analizie monitorowania i kalibracji detektora UT (Upstream Tracker) którym planuje się zastąpić dotychczas używany w czasie pierwszego i drugiego naświetlania (tzw. Run 1 i Run2) detektor TT. Wytłumaczone zostały powody zmienienia detektora oraz konieczne wymagania. Bardzo ważnym elementem było uwzględnienie silnego napromieniowania, któremu podlegają zastosowane detektory krzemowe. Projektowane oprogramowanie musi nadawać się do pracy wielopoziomowej po naświetleniu i umożliwiać szybką adaptację do nowych wymagań, które pojawiają się w ciągu kolejnych etapów pracy. Współpraca LHCb stosuje system GAUDI, który ma dostarczać wspólną infrastrukturę i otoczenie dla szeregu aplikacji poczynając od wyboru zdarzeń na poziomie triggera, poprzez generację Monte Carlo aż do analizy fizycznej. System Gaudi napisany jest w języku C++.

Strumień danych z detektora UT wysyłany będzie do systemu Vetra, zaktualizowanego po naświetleniach Run1 i Run2.

Autor przedstawia przykład działania systemu Vetra, a dalej – połączenia z systemem monitorowania UT.

Wszystko to prowadzi wreszcie w rozdziale 5 do zagadnienia fizycznego – analizy rozpadu mezonu B

$$B_s^0 \rightarrow D_s^{*\mp} K^{*\pm}$$

W rozdziale znajdujemy szczegóły analizy fizycznej pierwszej obserwacji rozpadu B (dalej zwanego sygnałem). Proces ten następuje na drodze czterech sprzężonych ładunkowo tzw. diagramów drzewowych. Każdy z nich zawiera jeden lub dwie amplitudy stłumione, i w rezultacie wszystkie są podobnego rzędu. Wybrano również trzy rozpady jako możliwych kandydatów na tzw. kanały kontrolne.

Pomiar kąta γ w trójkącie unitarności CKM stanowi główną część programu badania fizyki zapachu (flavour) w eksperymencie LHCb.

Precyzja wyznaczenia kąta zależy silnie od zawartości mezonu B w próbce danych. Dlatego właśnie dodane zostały do analizy nowe kanały rozpadu mezonu B. Uaktualniono – w stosunku do danych z Run1 i Run2 – poprzednie pomiary. Pierwszym krokiem nowej analizy było określenie stosunków rozgałęzienia (branching fractions).

W czasie powstawania niniejszej rozprawy analizy jeszcze trwały i nie są jeszcze znane końcowe wyniki. Ukończono jednak przygotowanie i sprawdzanie metod analizy.

W rozprawie znajdujemy opis zastosowanych analiz, tak danych jak i symulacji, w szczególności Multivariate analysis oraz Boosted Decision Tree. U autora widoczna jest dobra znajomość wyrafinowanych metod matematycznych.

Wreszcie w podsumowaniu (rozdział 6) przedstawiona jest dyskusja otrzymanych wyników oraz perspektywy dalszych badań. Warto podkreślić, że dzięki zastosowanym metodom matematyczno-logicznym można obecnie testować dane z detektora UT. Autor został głównym ekspertem programowym w trakcie uruchamiania detektora UT.

Drobne uwagi krytyczne w niniejszej recenzji dotyczą pewnej liczby literówek w tekście; nawet w podsumowaniu znajduje się zdanie bez orzeczenia.

Nie mogę się powstrzymać od melancholijnej uwagi, że wyrafinowane opisy i zastosowanie metod matematycznych analizy są jakby mniej ważne w tekście od samej analizy fizycznej.

Nie zmienia to faktu, że w mojej opinii praca spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim i kwalifikuje się do obrony.

(prof. dr hab.) Helena Białkowska



Narodowe Centrum Badań Jądrowych

21 PAZ 2022