



26.03.2021 r.

Dr hab. Marcin Chrzęszcz
Instytut Fizyki Jądrowej PAN
ul. Radzikowskiego 152
31-342 Kraków

DZIEKANAT
SEKCJA ds. DOKTORANCKICH

Wpłynęło dnia 2021-03-30 AP

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr. Marka Walczaka
zatytułowanej:
„Analysis of the ultra-peripheral events in
heavy-ion collisions in the CMS experiment at the
Large Hadron Collider”

Pan Marek Walczak uczestniczył w pracach międzynarodowej współpracy CMS, w ramach której prowadził badania naukowe przy użyciu zderzających się wiązek protonowych i ołowiowych w akceleratorze LHC w ośrodku badawczym CERN. Badania prowadzone przez współpracę CMS obejmują szeroko rozumianą fizykę cząstek elementarnych: poszukiwanie zjawisk spoza Modelu Standardowego, badania właściwości bozonu Higgsa, pomiary oddziaływań elektro-słabych i fizyki ciężkich zapachów oraz badanie chromodynamiki kwantowej. Badania przeprowadzone przez Autora, opisane w niniejszej monografii, dotyczą właśnie tej ostatniej wymienionej dziedziny, a dokładniej badania ultra peryferycznych zderzeń ciężkich jonów. Zderzenia te są bardzo ważne, ponieważ ich pomiar umożliwia wyznaczenie funkcji struktury jąder atomowych. Znajomość tej funkcji pozwala ograniczyć błędy przewidywań teoretycznych związanych ze zderzeniami ciężkich jąder. Podobne pomiary zostały już wykonane w innych eksperymentach.

Rozprawa wraz z bibliografią liczy 103 strony, co stanowi typowy rozmiar monografii z dziedziny cząstek elementarnych. Pan Walczak zdecydował się napisać swoją rozprawę w języku angielskim. Jest to zdecydowanie dobry wybór, ponieważ większa to poczytność przez członków kolaboracji CMS, jak i zagranicznych współpracowników Autora. Monografia została podzielona na 5 rozdziałów: 1 – wstępu teoretycznego zawierającego podstawy prezentowanej analizy, 2 – opisu detektora CMS, 3 – przeglądu pomiarów ultra peryferyjnych zderzeń ciężkich jonów, 4 – zasadniczej części będącej szczegółowym opisem



przeprowadzonej analizy, 5 – podsumowania monografii i wyników w niej prezentowanych. W dalszym ciągu recenzji omówię krótko każdą z części prezentowanej rozprawy.

Rozdział 1 stanowi standard tego typu monografii, w którym to rozdziale Autor przedstawia i uzasadnia fizyczne podstawy swojej analizy. Koncentruje się On na oddziaływaniach silnych, a dokładniej na jednym ich aspekcie, jakim są funkcje struktury. Jest to kwestią subiektywną, ale myślę, że pożądane by było szersze omówienie zarówno samych oddziaływań silnych, jak i niektórych elementów związanych z funkcjami struktury (np. równaniami ewolucji czy gluon shadowing). Pozostały opis dotyczący fotoprodukcji uważam za bardzo dobrze wyważony. Na pochwałę zasługują liczne i dobrze dobrane odnośniki do adekwatnych publikacji.

Rozdział 2 prezentuje detektor CMS wraz z jego zasadniczymi elementami. Tego typu rozdział często może przysporzyć sporo problemów autorom rozpraw doktorskich, ponieważ, istnieje ryzyko przedstawienia detektora w stopniu zbyt dogłębnym i niezrozumiałym dla osoby spoza opisywanego eksperymentu. Autor wykazał się w tym wypadku bardzo dobrą znajomością tej tematyki: opisał elementy detektora oraz systemu wyzwalania które są bezpośrednio związane z jego analizą. Jedyną uwagę jaką mam do tej części monografii, jest nieprecyzyjne zdefiniowanie założeń sprzętowych detektora CMS. Na przykład (strona 32): „good resolution for charged particles momenta”. Każdy czytelnik zrozumie frazę „good resolution” inaczej, w zależności z jakiej dziedziny fizyki lub eksperymentu się wywodzi.

Rozdział 3 stanowi przegląd pomiarów ultra peryferyjnych zderzeń dla konfiguracji wiązek pPb oraz PbPb. Uważam, że rozdział jest bezwzględnie potrzebny w takiej monografii. Jednakże autor ograniczył się tylko do przedstawienia wyników pochodzących z współpracy CMS, co uważam za niewystarczające. Monografia zyskałaby na wartości, gdyby również pomiary z innych eksperymentów zostały przedstawione. Umożliwiłoby to również czytelnikowi porównanie wyników i spojrzenie na analizę przeprowadzoną przez Autora z szerszej perspektywy.

Rozdział 4 opisuje etapy analizy przeprowadzonej przez Autora. Analiza rozpoczyna się od wysymulowania odpowiednich próbek Monte Carlo. Autor używa generatora STARLIGHT, który jest standardem, jeśli chodzi o symulowanie tego typu procesów. Symulowany jest za równo sygnał, jak i najważniejsze tła. Wysymulowane przypadki są następnie poddane takiej samej obróbce, jak zwykłe dane, tj. rekonstrukcji i selekcji.



Kluczową sprawą w przypadku pomiaru przekroju czynnego jest oszacowanie wydajności poszczególnych etapów selekcji. Wymagania selekcji są typowe dla tego typu analiz i nie budzą zastrzeżeń. Wybrane zmienne (np. acoplanarity) bardzo dobrze separują tło od sygnału. Nie znalazłem informacji, ile poszczególnych próbek MC zostało wygenerowanych. Z Rysunków 55 i 56 zgaduję, iż próbka tła MC została wygenerowana w taki sposób, żeby przynajmniej w pierwszym przybliżeniu odzwierciedlać świetność w danych. Niemniej jednak informacja ta powinna znaleźć się w tym rozdziale.

Autor następnie opisuje sposób ekstrakcji sygnału. Używa do tego dopasowania masy niezmienniczej dwóch mionów. Udaje mu się zaobserwować tylko jeden z oczekiwanych trzech rezonansów Upsilon. Jest to związane z wielkością dostępnej próbki danych. Różnice między dwoma hipotezami kształtu masy niezmienniczej przypisuje jako niepewność systematyczną. Po subtrakcji tła otrzymuje 432 ± 70 przypadków sygnału w danych. Metoda subtrakcji sygnału została sprawdzona z użyciem różnych sygnałów kontrolnych. Pokazuje to dojrzałość Autora jako fizyka doświadczalnego, który sprawdza swoją metodykę badawczą.

Kolejnym krokiem analizy przeprowadzonym przez Autora jest wyznaczenie wydajności selekcji dla mionów. Pomimo dużego postępu w symulacjach MC dalej są pewne cechy danych, których symulacja ta nie zawiera. W celu dokładniejszego wyznaczenia wydajności należy użyć kanału kontrolnego w danych. Autor na ten kanał wybrał rozpad J/ψ na dwa miony. Dostępna liczba tych rozpadów pozwala na wyznaczenie wydajności jako funkcji p_T oraz η .

Autor na końcu rozdziału przedstawia rachunek niepewności systematycznych. Są one dość duże, ponieważ sumują się do 9.3%. Na szczęście dominująca systematyka związana jest z faktem braku obserwacji rezonansów $\Upsilon(2S)$ i $\Upsilon(3S)$ i zostanie zredukowana wraz ze zwrotem scałkowanej świetności w kolejnych latach zbierania danych.

Zwieńczeniem analizy przeprowadzonej przez Autora jest wyznaczenie przekroju czynnego, który jest przedstawiony w Rozdziale 5. Nie mam zastrzeżeń do przeprowadzonej analizy. Wszystkie etapy są dobrze przemyślane i stanowią standard w tego typu badaniach a ich poprawne przeprowadzenie dowodzi kunsztu doświadczalnego, jaki posiada Autor.

Najslabszą częścią monografii jest jej strona edytorska. Autor, jako fizyk doświadczalnik, powinien przykładać szczególną uwagę do jednostek.



INSTYTUT FIZYKI JĄDROWEJ
im. Henryka Niewodniczańskiego
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

W monografii niestety bardzo często zmieniana jest konwencja jednostek i mianowicie: pęd jest raz wyrażany w GeV/c (np. Rysunek 24), a raz w samych GeV (np. Rysunek 39). Nie dotyczy to tylko pędów, ale i jednostek masy. Na domiar złego na Rysunku 63 w ogóle nie występują jednostki! Na Rysunku 9 w jednostce Q^2 brakuje dodatkowo kwadratu. Sposób podwójnego cytowania np.: „[17] [18]” również jest niepoprawny. Powinno być „[17,18]”. Błąd ten też nie jest odosobniony i powtarza się w monografii. Ostatnim rzucającym się w oczy błędem jest brak spacji przy niektórych cytacjach (np. na stronie 51 jest „analysis[47]”, gdy powinno być „analysis [47]”). Błędy te nie wpływają oczywiście na wyniki fizyczne przedstawione w monografii.

W konkluzji stwierdzam, że przedłożona praca spełnia ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuje o dopuszczenie mgr. Marka Walczaka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

dr hab. Marcin Chrzęszcz