

Warszawa, 2 września 2023 roku

dr hab. Artur Ukleja (NCBJ), prof. AGH
Narodowe Centrum Badań Jądrowych
Departament Badań Podstawowych
Zakład Fizyki Wielkich Energii
02-093 Warszawa, ul. Pasteura 7
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Katedra Oddziaływań i Detekcji Cząstek
30-059 Kraków, ul. Kawiorów 26a

**Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Wojciecha Brylińskiego
pt. „Study of K_S^0 meson production in central Ar+Sc collisions at SPS energies”**

Rozprawa doktorska magistra inżyniera Wojciecha Brylińskiego dotyczy analizy produkcji mezonów K_S^0 w centralnych zderzeniach wiązki jonów ^{40}Ar z tarczą ^{45}Sc przy dwóch pędach wiązki na nukleon pocisku 40 oraz 75 GeV/c. Produkcja mezonów K_S^0 w zderzeniach Ar+Sc została zbadana po raz pierwszy.

Przedstawiona rozprawa doktorska składa się z dwóch streszczeń w językach angielskim i polskim, spisu treści, ośmiu rozdziałów i literatury opisanych na 97 stronach. Układ ten jest typowy stawiany rozprawom doktorskim. Praca jest napisana w języku angielskim, co może zwiększać zakres odbiorców, do których trafi. Użyty język jest prawidłowy i zdania są formułowane jasno i w sposób czytelny.

Rozdział pierwszy stanowi wprowadzenie, w którym wyjaśniono takie pojęcia jak model standardowy, plazma kwarkowo-gluonowa i produkcja kaonów. Zaletą tych opisów jest to, że nie są one zbyt długie i poruszane są tylko te kwestie, których dotyczy praca. Przedstawiona jest tu także motywacja studiów z mezonami K_S^0 oraz indywidualny wkład autora we Współpracę NA61/SHINE. Pewną niezręczność stanowi brak referencji w zdaniu o pentakwarkach do publikacji LHCb (strona 2, koniec pierwszego akapitu) oraz to, że autor wspomina o przewidywaniu bozonu Higgosa, a nie komentuje, że taki bozon został eksperymentalnie potwierdzony dziesięć lat temu (strona 2, koniec drugiego akapitu). Rozdział drugi zawiera opis układu detekcyjnego NA61/SHINE. Ten rozdział także jest zwięzły oraz czytelny i zawiera opisy tych części detektora, które są istotne z punktu widzenia

prowadzonych badań. Czytelny opis detektora świadczy o jego dobrej znajomości i rozumieniu przez autora. Rozdział trzeci przedstawia opis programowalnego sposobu analizy danych rzeczywistych oraz tych generowanych techniką Monte Carlo. Tutaj także zwięzłość i czytelność tego rozdziału świadczą o dobrze opanowanym oprogramowaniu eksperymentu przez autora. Rozdział czwarty przedstawia opis następnie analizowanych danych. Procedura przeprowadzonej analizy jest opisana w rozdziale piątym, a otrzymane wyniki są przedstawione w rozdziale szóstym, który zawiera także porównanie danych z teoretycznymi przewidywaniami modelowymi. Rozdziały piąty i szósty są najważniejszymi częściami rozprawy doktorskiej, gdyż zawierają indywidualny wkład autora. Jako bonus autor przedstawił w rozdziale siódmym swój wkład w modernizację eksperymentu NA61/SHINE. Krótkie podsumowanie najważniejszych otrzymanych wyników przez autora jest przedstawione w ostatnim rozdziale ósmym.

Produkcja mezonów K_S^0 , którymi zajmował się magister inżynier Wojciech Bryliński wpisuje się w główny program fizyczny eksperymentu NA61/SHINE w ośrodku badawczym CERN. Neutralne mezony K_S^0 były badane przez detekcję naładowanych produktów ich rozpadu, gdzie najbardziej faworyzującym kanałem rozpadu jest rozpad na dwa naładowane piony. Przedstawiona analiza oparta jest na rekonstrukcji masy par cząstek uznanych za kandydatów na produkty rozpadów. Otrzymane wyniki zostały poprawione na wydajność detekcji i rekonstrukcji z użyciem danych generowanych. Głównym wynikiem autora są podwójnie różniczkowe widma mezonów K_S^0 w przedziałach pędu poprzecznego i prędkości. Autor szczegółowo opisuje kolejność podejmowanych przez siebie kroków w dążeniu do osiągnięcia wyników, w tym poszczególne etapy kontroli, jak pomiar czasu życia mezonu K_S^0 , który zgadza się z wartością tablicową. Autor często przedstawia tu wyniki poświęcając bardzo dużo uwagi na opis co jest na osiach, kolory linii, jak są opisane niepewności statystyczne i systematyczne, ale już ich nie komentuje. Jedno-dwa zdania komentarza, np. jakie jest zachowanie wyznaczonej zmiennej, czy ma charakter opadający, czy wzrostowy, czy dopasowana funkcja dobrze opisuje dane itp. podkreśliłoby i tak dużą wartość pracy. Ma to szczególne znaczenie w rozdziale szóstym, gdzie autor przedstawia ostateczne uzyskane przez siebie wyniki. Bieżące ich komentowanie byłoby mile widziane.

Końcowe wyniki zostały także porównane z wybranymi przewidywaniami modelowymi. To porównanie jest bardzo cenne, gdyż przyczynia się do lepszego zrozumienia mechanizmu przejścia między gazem hadronowym a plazmą kwarkowo-gluonową. Produkcja

częstek dziwnych oraz ich charakterystyki kinematyczne są parametrami wejściowymi do modeli gazu hadronowego. Autor porównuje także swoje wyniki krotności mezonów K_S^0 z krotnościami mezonów K^+ i K^- zmierzonymi w innych eksperymentach. Tu dochodzi do najważniejszego wniosku swoich badań, że produkcja mezonów K^+ i K^- jest wyższa w stosunku do produkcji mezonu K_S^0 . Z dopasowania funkcji autor wyznacza, że ten stosunek naładowanych do neutralnych kaonów wynosi $1,140 \pm 0,026$, co przekracza 5 sigma różnicy od jedności lub oznacza duże łamanie symetrii izospinu, co jest skądinąd oczekiwane. Ten wynik jest niewątpliwie wartościowy i stanowi nie lada wyzwanie w uwzględnieniu go w modelach teoretycznych.

Rozprawa jest napisana starannie, na ogół poprawnym językiem. Jasno, logicznie i zwięźle są opisane założenia, podjęte próby i osiągnięte wyniki przeprowadzonej analizy. Liczne dobrze dobrane, czytelne wykresy ułatwiają zrozumienie pracy. Dodatkowo warto podkreślić znakomite krótkie wprowadzenia zamieszczone na początku każdego rozdziału, Niedosyt stanowi brak analogicznych podsumowań na końcu każdego rozdziału, co aż prosi się po tak dobrym początku.

Mimo że forma pracy jest staranna, to autor nie uniknął kilku literówek, np.

- na stronie pierwszej w pierwszym i drugim akapicie „Standard Model” zamiast „The Standard Model”,
- na stronie drugiej, ostatnia linia „SM” zamiast „the SM”
- analogiczny problem jak z „the SM” jest z „the QGP”. Czasami autor (w zależności od strony) pisze QGP bez dookreślnika „the”, a czasami z „the”,
- identyczny problem jest ze słowem „anisotropy”, np. strona 5, w jednej linii przez „s” a w drugiej linii przez „z”,
- na stronie 9, w pierwszym i drugim akapicie nazwa „SMES” występuje bez dookreślnika „the”, podczas gdy akapicie czwartym i piątym jako „the SMES”, a na stronie kolejnej numer 10 ponownie samo „SMES”,
- na stronie 17, trzeci podpunkt „seach” zamiast „search”,
- na stronie 19, rozdział 2.3.1 „NA61/SHINE” zamiast „The NA61/SHINE”,
- na stronie 42, pierwszy akapit rozdziału 5.2, czwarta linia, zdaje się, że chyba chodziło o 75 A GeV/c a nie 40 A GeV/c,

- na stronie 51, ostatnia linia, słowo „normalization” pisane jest przez „s” zamiast przez „z”, gdyż wyraz pochodzi od słowa „normalize” (analogicznie strona 52, 61, 67),
- na stronie 74, w czwartej linii „assymetry” zamiast „asymmetry”.

Wymienione uwagi krytycznie nie zmieniają mojej pozytywnej oceny pracy, znaczenia przedstawionej analizy, solidnego warsztatu i ciekawych wyników. Uważam, że praca magistra inżyniera Wojciecha Brylińskiego spełnia wszystkie wymogi stawiane rozprawom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.

Antoni Ukleja