

Inga Łakomic

Katedra Oddziaływań i Detekcji Cząstek

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Pomiar produkcji mezonu $\phi(1020)$ w zderzeniach proton-proton o energii $\sqrt{s} = 13$ TeV przy użyciu detektora ATLAS na LHC.

Streszczenie

Niniejsza rozprawa doktorska przedstawia pomiar produkcji mezonu $\phi(1020)$ w oparciu o dane zebrane w 2015 roku przez eksperyment ATLAS na LHC w zderzeniach proton-proton przy energii w układzie środka masy $\sqrt{s} = 13$ TeV. Analiza zawiera porównanie produkcji mezonu ϕ w różnych typach nieelastycznego rozpraszania proton-proton (pp):

- pojedynczej dyfrakcji (SD), $pp \rightarrow Xp$ lub $pp \rightarrow pY$,
- centralnej dyfrakcji (CD), $pp \rightarrow pXp$,
- procesach niedyfrakcyjnych (ND), $pp \rightarrow X$.

Rodzaj oddziaływań proton-proton określany jest za pomocą detektorów ARP (ATLAS Roman Pot) rejestrujących protony rozpraszane pod bardzo małymi kątami w stosunku do osi wiązki. Detektory te znajdują się blisko rury akceleratora w dużej odległości od nominalnego punktu zderzenia. Detektor centralny umożliwia natomiast śledzenie trajektorii i pomiar pędu cząstek naładowanych obecnych w stanie końcowym $X(Y)$.

Ze względu na krótki czas życia mezonu ϕ , jego produkcja mierzona jest w oparciu o rozkład masy niezmienniczej produktów jego rozpadu. Badany jest najbardziej prawdopodobny rozpad na dwa przeciwie naładowane kaony, których wydajna identyfikacja stanowi istotny element analizy. Pomiary przeprowadzono w funkcji pędu poprzecznego i pospieszności, oraz w przypadku pojedynczej dyfrakcji, dodatkowo z podziałem na trzy zakresy względnej straty energii, ξ , protonu rozproszonego dyfrakcyjnie: $\xi < 0.035$, $0.035 < \xi < 0.08$ oraz $0.08 < \xi < 0.16$.

Praca doktorska składa się z dziewięciu rozdziałów, które poprzedza wstęp. Najważniejsze zagadnienia teoretyczne omówione zostały w rozdziale pierwszym. Przedstawienie aparatury pomiarowej znajduje się w rozdziale drugim. Rozdziały od trzeciego do siódmego zawierają szczegółowy opis analizy. Procedura identyfikacji cząstek na podstawie pomiaru ich średniej straty energii na jednostkę przebytej w detektorze drogi dE/dx oraz pędu wyjaśniona jest w rozdziale trzecim. Rozdział czwarty zawiera procedurę selekcji przypadków i charakterystykę wykorzystanych zestawów danych oraz próbek symulacyjnych. W rozdziale piątym opisana jest selekcja kandydatów na mezony ϕ , natomiast sposób wyznaczania poprawek wprowadzanych do danych eksperymentalnych oraz analiza błędów systematycznych przedstawione są w rozdziale szóstym i siódmym. Rozdział ósmy zawiera wyniki pomiaru produkcji mezonu ϕ oraz ich dyskusję. Główną część pracy kończy rozdział dziewiąty będący podsumowaniem przeprowadzonej analizy. Dwa dodatki zawierają wykresy istotne w przeprowadzonej analizie, które nie zostały jednak umieszczone w części głównej.

Widma mezonu ϕ zostały zrekonstruowane w przedziale pędu poprzecznego $0.6 < p_{T,\phi} <$

1.5 GeV, scałkowanym po obszarze $|y_\phi| < 0.8$ i w zakresie prędkości $|y_\phi| < 0.8$, scałkowanym po przedziale $0.6 < p_{T,\phi} < 1.5$ GeV. Biorąc pod uwagę ograniczenia wynikające z wydajności rekonstrukcji śladów oraz wydajności identyfikacji cząstek, obszar kinematyczny pomiarów został zawężony do zakresu pędu kaonu $p_K < 0.9$ GeV i pędu poprzecznego kaonu $p_{T,K} > 0.29$ GeV.

Otrzymane wyniki porównano z przewidywaniami fenomenologicznych modeli oddziaływań PYTHIA 8 i EPOS, które są zaimplementowane w generatorach przypadków korzystających z metody Monte Carlo (MC). Najlepsza zgodność pomiędzy zmierzonymi wartościami a przewidywaniami została zaobserwowana w pomiarach CD i ND dla EPOS oraz w SD dla obszaru $\xi < 0.035$, również dla EPOS. W obszarze $0.035 < \xi < 0.08$ oraz $0.08 < \xi < 0.16$ przewidywania żadnego z modeli nie są zgodne z wynikami pomiarów.

Produkcję mezonu ϕ zmierzoną dla procesów niedyfrakcyjnych przy energii $\sqrt{s} = 13$ TeV porównano z wynikami pomiaru przekroju czynnego na produkcję $\phi \rightarrow K^+K^-$ w zderzeniach proton-proton przy energii $\sqrt{s} = 7$ TeV opublikowanymi wcześniej przez Współpracę ATLAS. Uzyskano zgodność pomiędzy pomiarami przedstawionymi w tej pracy a wynikami uzyskanymi przy energii $\sqrt{s} = 7$ TeV.

Porównano również produkcję mezonu ϕ w analizach SD, CD i ND. Najwyższe wartości widm mezonu ϕ zostały zmierzone dla ND, a najniższe dla CD. Największa produkcja ϕ w analizie SD obserwowana jest w obszarze $0.08 < \xi < 0.16$ a najmniejsza dla zakresu $\xi < 0.035$. Różnice w produkcji mezonu ϕ są zatem związane z krotnościami cząstek naładowanych w danej próbce. Im większa średnia liczba cząstek naładowanych, tym większa produkcja ϕ jest obserwowana. Wyniki te sugerują, że mezony ϕ pochodzą głównie z procesu fragmentacji a stany początkowe w danym procesie, Pomeron-proton w SD, Pomeron-Pomeron w CD i proton-proton w ND nie wpływają znacząco na udział kwarków dziwnych w stanach końcowych.

Wyniki przedstawionych badań są istotne dla rozwoju fenomenologicznych modeli produkcji hadronów w kierunku opisu oddziaływań charakteryzujących się małym przekazem czteropędu, gdzie Perturbacyjna Chromodynamika Kwantowa nie może być stosowana i niezbędne jest wykorzystanie danych doświadczalnych pochodzących ze zderzeń hadronów o bardzo wysokich energiach. W szczególności, zmierzone widma mezonu ϕ mogą pomóc w ograniczeniu wartości swobodnych parametrów w modelach fenomenologicznych.

Kraków, 04.07.2022