

Nr projektu: 2021/43/O/ST2/01473

Tytuł: Badanie elastycznego rozpraszania proton-proton przy energiach LHC.

Opis projektu

W większości przypadków oddziaływania dwóch protonów jest nie-elastyczne. Stan końcowy zawiera wiele cząstek, a pierwotne protony nie przeżywają oddziaływania. Można to opisać jako absorpcję funkcji falowej jednego proton przez drugi, a ponieważ proton ma skończony rozmiar to jest to odpowiednik, znanej z optyki klasycznej, dyfrakcji światła na przeszkodzie. W zderzeniach protonów dyfrakcja funkcji falowej może prowadzić do oddziaływania elastycznego, którego rozkład kątowy przypomina ten znany z optyki i który można powiązać z całkowitym przekrojem czynnym poprzez twierdzenie optyczne. W procesach dyfrakcyjnych mogą zostać wyprodukowane skomplikowane stany końcowe: jeden lub oba protony mogą zdysocjować w system o dużej masie i liczba kwantowych protonu.

Oddziaływanie elastyczne jest najprostszym ideowo typem oddziaływania. Dwa protony zderzają się i zachowując swoją identyczność poruszają się pod pewnym kątem do swojego pierwotnego kierunku ruchu. Taką sytuację można zaobserwować przy zabawie z użyciem kul do bilarda badając zderzenia sprężyste. Zasadniczą różnicą jest to, że protony nie są sztywnymi kulkami. Na dodatek podlegają dwóm oddziaływaniom. Z jednej strony oddziałują elektromagnetycznie a drugiej strony podlegają oddziaływaniom silnym, które są odpowiedzialne na przykład z istnienie jąder atomowych. W rozpraszaniu elastycznym proton-proton oba oddziaływania się „mieszają” – dokładniej interferują – co powoduje modyfikacje kształtu rozkładu kąтового rozproszonych protonów opisującego prawdopodobieństwo obserwacji protonów pod zadany kąt.

Interesującym jest badanie rozproszeń pod bardzo małymi kątami, typowo znacznie poniżej 100 mikro radianów. W zależności od wartości tego kąta, wraz ze zmniejszaniem jego wartości, możliwe jest obserwowanie zjawiska w przypadku, gdy dominującą rolę odgrywają oddziaływania silne, poprzez obszar interferencji do obszaru oddziaływań kulombowskich. Oznacza to konieczność precyzyjnego pomiaru bardzo małych kątów. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu dedykowanych detektorów umieszczonych symetrycznie względem punktu oddziaływania w znacznej odległości, tutaj 231 i 247 metrów. Detektory te są wsuwane do komory próżniowej akceleratora w pobliże wiązek. Dostarczają one informacji o położeniu toru rozproszonego protonu w przestrzeni i ta informacja służy do wyznaczenia kąta rozproszenia. Należy podkreślić, że pomiar rozpraszania elastycznego nie jest możliwy bez ścisłej współpracy z zespołem akceleratora, ponieważ precyzyjny pomiar wymaga specjalnych ustawień punktu pracy maszyny tak, aby maksymalnie uniezależnić wynik pomiaru od warunków, w których zachodzi. Dodatkowym bonusem pomiaru rozpraszania elastycznego jest możliwość wyznaczenia całkowitego przekroju czynnego na oddziaływanie. Jest to związane z kwantowomechanicznymi własnościami procesu rozpraszania. Całkowity przekrój czynny jest proporcjonalny do amplitudy rozpraszania elastycznego pod kątem zero (dokładnej do części urojonej tej amplitudy, którą jest wielkością zespoloną). Ponieważ

w warunkach omawianego pomiaru ten kąt jest niedostępny to należy ekstrapolować zależność rozpraszania elastycznego do kąta zero.

Proponowany pomiar należy do kategorii podstawowych pomiarów dla oddziaływań cząstek elementarnych. Wraz z pomiarami przeprowadzonymi przy innych energiach oddziaływań pozwala na eksperymentalną weryfikację modeli fenomenologicznych i obliczeń teoretycznych.