

Eksperyment COMPASS – badanie wewnętrznej struktury nukleonu

Struktura silnie oddziaływających cząstek, tzw. hadronów, wśród których wyróżniamy między innymi nukleony i mezony, jest opisywana przez teorię silnych oddziaływań, tzw. Chromodynamikę Kwantową - QCD (*ang.* Quantum Chromo-Dynamics). W podejściu QCD własności i wewnętrzna struktura nukleonów i mezonów są wynikiem oddziaływań ich elementarnych składników kwarków i gluonów (wspólnie określanych jako ‘partony’).

Celem niniejszego projektu jest doświadczalne badanie wewnętrznej, trójwymiarowej struktury nukleonu na poziomie jego elementarnych składników, co sytuuje ten projekt w nowej dziedzinie badań QCD, które wykraczają poza powszechnie stosowany dotychczas opis jednowymiarowy. Opis trójwymiarowej struktury nukleonu jest możliwy, albo w ramach formalizmu TMD (*ang.* Transverse Momentum Dependent distributions) lub w ramach formalizmu GPD (*ang.* Generalised Parton Distributions). Oba te opisy, które są komplementarne, uwzględniają korelacje pomiędzy pędem podłużnym (wzdłuż pędu nukleonu) z poprzecznymi stopniami swobody kwarków i gluonów: pędami poprzecznymi (TMD) lub położeniami w płaszczyźnie poprzecznej (GPD), a także korelacje ze spinem nukleonu. W szczególności umożliwiają one badanie roli orbitalnego momentu pędu kwarków i gluonów w wyjaśnieniu spinu nukleonu. Problem ten znany jako ‘zagadka spinu protonu’, pomimo że sformułowany przed ponad 30-laty, nadal pozostaje nierozwiązany. Kolejne interesujące zagadnienie związane z trójwymiarową strukturą nukleonu to tzw. ‘tomografia nukleonu’, tzn. wyznaczenie na podstawie znajomości funkcji GPD zależności pomiędzy rozkładem przestrzennym partonów w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku pędu nukleonu i pędem podłużnym partonów.

W niniejszym projekcie rozkłady TMD i GPD będą badane na podstawie pomiarów dwóch procesów: ekskluzywnej produkcji mezonów i fotonów w głęboko nieelastycznym rozpraszaniu muonów (tematyka GPD), oraz produkcji par mionów w procesie Drell-Yana w rozpraszaniu pionów na nukleonach (tematyka TMD). Pomiarzy będą prowadzone w ramach Współpracy COMPASS w CERN-ie za pomocą rozpraszania wysoko energetycznych mionów lub mezonów π^- na nukleonach. Układ doświadczalny eksperymentu COMPASS składa się z dużego, dwustopniowego spektrometru o szerokiej akceptancji kątowej oraz różnych tarcz, zarówno niespolaryzowanych, jak i spolaryzowanych poprzecznie. Jest on umieszczony na wiązce M2 z CERN-owskiego akceleratora SPS, która może zawierać hadrony lub spolaryzowane miony o energiach w zakresie od 50 do 280 GeV. Wysoko energetyczne wiązki mionów i pionów oraz różne tarcze stanowią unikalne doświadczalne komponenty umożliwiające badanie struktury nukleonu w niedostępnym wcześniej obszarze kinematycznym. Wszelchstronny program badań struktury nukleonu oraz spektroskopii hadronów realizowany w eksperymencie uzasadnia zaklasyfikowanie go jako ‘**laboratorium QCD**’.

Realizacja projektu zaowocuje nowymi wynikami w zakresie badań podstawowych dotyczących trójwymiarowej struktury nukleonów na najwyższym światowym poziomie. Wyniki wniosą znaczący wkład do weryfikacji podstawowych przewidywań chromodynamiki kwantowej (QCD), m.in. takich jak (ograniczona) uniwersalność rozkładów partonów, a także wpłyną na znaczące zwiększenie precyzji parametryzacji modeli struktury nukleonu (TMD i GPD). Obecnie COMPASS jest jedynym europejskim eksperymentem poświęconym badaniu spinowej struktury nukleonu i jest komplementarny względem eksperymentów realizowanych w Laboratorium Jeffersona oraz przy akceleratorze RHIC.

Polskie grupy badawcze z NCBJ, PW oraz UW uczestniczą w pracach eksperymentu COMPASS od jego początku i wniosły istotny wkład w jego realizację. Kolejna faza programu eksperymentu, w ramach której jest realizowany niniejszy projekt, rozpoczęła się 2012 r. zgodnie z zatwierdzonym przez CERN nowym projektem programowym eksperymentu ‘COMPASS-II proposal’. Współpraca jest realizowana w ramach ‘Memorandum of Understanding for the Upgrade and Operation of the COMPASS Experiment (NA58)’ podpisanego przez stronę polską i CERN.