

1 Abstract

Niniejszy projekt dotyczy badania oddziaływań silnych zachodzących między podstawowymi składnikami materii: kwarkami i gluonami, oraz rządzącej nimi teorii – Chromodynamiki Kwantowej (ang. Quantum Chromodynamics – QCD). Szczególnie interesować nas będzie fizyka wysokich energii, która opiera się na eksperymentach, gdzie zderza się hadrony rozpędzone do prędkości bliskich prędkości światła w dużych ośrodkach badawczych, takich jak Wielki Zderzacz Hadronów (ang. Large Hadron Collider – LHC) w CERN koło Genewy, czy też Zderzacz Relatywistycznych Ciężkich Jonów (ang. Relativistic Heavy Ion Collider – RHIC) w Brookhaven Laboratory w USA.

Hadrony są niesłychanie skomplikowanymi obiektami, złożonymi z kwarków i gluonów (tzw. partonów), zlokalizowanych w pewnym obszarze czasoprzestrzeni. Rozmieszczenie partonów w hadronie musi typowo być wyznaczone doświadczalnie, ponieważ standardowe narzędzie QCD – rachunek zaburzeń – nie może zostać tutaj zastosowany, natomiast efektywne modele QCD nie są dostatecznie dokładne i są trudne do zastosowania do układów barionowych. Informacje na temat dynamiki oddziaływań silnych możemy otrzymać na podstawie zderzeń hadronów wstrzykiwanych do akceleratorów – kiedy hadrony są ”roztrząskane” w wysokoenergetycznych zderzeniach oddziaływania mogą nastąpić pomiędzy pojedynczymi partonami. Pozwala to na szczegółowe zbadanie mikroskopowej struktury hadronów. Dla bardzo energetycznych zderzeń teoria QCD może zostać zastosowana w celu opisu wyjątkowo ciekawych zdarzeń.

Gdy hadrony są przyspieszane do prędkości bliskich prędkości światła, liczba zawartych w nich gluonów znacząco rośnie. Każdy z tych gluonów musi nieść bardzo mały ułamek całkowitej energii hadronu, ze względu na zachowanie energii i pędu. Taki reżim jest nazywany granicą małych x (ang. small- x regime). Z drugiej strony, duże struktury hadronowe, takie jak ciężkie jądra składają się z wielu hadronów. W takim przypadku ich dynamika opisywana jest semi-klasyczną teorią opisującą rozkład gluonów, tzw. teorią Kondensatu Szklą Kolorowego (ang. Color Glass Condensate – CGC).

W ramach niniejszego projektu będziemy badać produkcję cząstek w zderzeniach proton-jądro (pA) oraz proton-proton (pp) w obszarze małych x nakreślonych wyżej. Cele projektu podzieliśmy na trzy etapy. Pierwszy etap poświęcony będzie badaniom korelacji kątowych między dwoma wyprodukowanymi cząstkami w zderzeniach pA. Badanie takich korelacji jest niezwykle istotne, ponieważ kąt między śladami produkowanych cząstek jest czuły na szczegóły stanu początkowego takiego zderzenia. W języku cząstek podstawowych, wyprodukowane cząstki mogą pochodzić zarówno od kwarków jak i gluonów budujących zderzające się hadrony. Jak dotąd, nie ma przekonującego wyjaśnienia korelacji kątowych produkowanych cząstek przy pomocy teorii fundamentalnej QCD. Projekt zakłada wyjaśnienie powiązanych z zagadnieniem danych doświadczalnych przy użyciu teorii fundamentalnej oraz CGC, a także wyjaśnienie hierarchii korelacji kątowych przy zmianie wielkości układu: od mniejszych układów (pA) do większych układów, takich jak hel-jądro (HeA). Druga część projektu ma na celu zbadanie przyczynków interferencyjnych, które dają wkład do dwucząstkowej produkcji, lecz zostały pominięte w dotychczasowych badaniach fenomenologicznych. Planujemy obliczenie powiązanych amplitud rozpraszania używając różnych istniejących formalizmów, oraz wyliczenie odpowiadających im przekrojów czynnych. Wreszcie, trzecia część projektu ma na celu próbę połączenia fizyki małych x oraz elastycznego rozpraszania hadronów. Idea polega na analizie rozpraszania elastycznego hadronów przy użyciu modeli mikroskopowych, które zawierają informacje na temat rozkładu partonów w hadronach i powiązanych efektów kwantowych, używając aparatu teoretycznego rozwijanego dla fizyki małych x .