

Przybycie

RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider) znajdujący się w Brookhaven National Laboratory (BNL) w USA, jest jednym z dwóch (drugi to LHC) obecnie działających akceleratorów kołowych protonów oraz ciężkich jonów i jedynym w którym możliwe jest zderzanie spolaryzowanych wiązek protonów. Eksperyment STAR, który rozpoczął zbieranie danych w roku 2001, jest jednym z dwóch obecnie działających detektorów na akceleratorze RHIC. Głównym celem eksperymentu STAR jest postępowanie w rozumieniu podstawowych własności cząstek elementarnych oraz ich oddziaływań. Do najważniejszych osiągniętych eksperymentów na akceleratorze RHIC należy pierwsze zaobserwowanie nowego stanu materii, tzw. plazmy kwarkowo-gluonowej (QGP), w zderzeniach ciężkich jonów. QGP to stan materii występujący przy ekstremalnie dużych gęstościach energii, w którym kwarki i gluony zachowują się jak cząstki swobodne. Poznanie charakterystyki QGP umożliwi lepsze zrozumienie procesów zachodzących we Wszechświecie tuż po Wielkim Wybuchu, które zdecydowały o dalszej jego ewolucji. Badanie diagramu fazowego chromodynamiki kwantowej (QCD), natura stanu początkowego oraz procesu hadronizacji w zderzeniach ciężkich jonów pozostają wciąż podstawowymi celami programu fizycznego eksperymentu STAR.

Równolegle rozwijany jest program badania natury spinu protonu oraz procesów dyfrakcyjnych w zderzeniach proton-proton i/lub proton-jadko. Zagadnienia te pozostają w centrum zainteresowania fizyki cząstek elementarnych i są obecnie ważnym elementem programu fizycznego eksperymentu STAR. Na tych zagadnieniach koncentruje się zainteresowanie naszego zespołu.

Fizycy z Akademii Górniczo-Hutniczej oraz Instytutu Fizyki Jądrowej PAN uczestniczą w eksperymencie STAR od początku roku 2012. Uczestniczymy zarówno w procesie zbierania danych, jak i ich rekonstrukcji oraz analizie. Ponadto jesteśmy zaangażowani w rozwój oprogramowania eksperymentu (algorytmy do rekonstrukcji ładów, symulacja Monte Carlo detektorów) oraz obsługę i modernizację paskowych detektorów krzemowych typu "Roman Pot" służących do pomiaru protonów rozproszonych pod bardzo małymi kątami względem osi wiązki.

QCD jako teoria oddziaływań silnych jest jednym z fundamentów Modelu Standardowego cząstek elementarnych. Wyjaśnia zachowanie silnie oddziałującej materii poprzez oddziaływanie punktowych kwarków za pomocą wymiany bozonów cechowania zwanych gluonami. Silnie oddziałująca materia jest odpowiedzialna za 99% obserwowalnej masy wszechświata.

Większość obecnej wiedzy na temat struktury protonu pochodzi z eksperymentów wykorzystujących rozpraszanie głębokonieelastyczne (DIS) lepton-proton. W szczególności cięmnóstwo danych na temat niespolaryzowanej struktury protonu zostało zebranych w eksperymentach na akceleratorze HERA. Badania te pozwoliły stwierdzić, że kwarki niesą jedynie około 50% masy protonu, natomiast pozostała część związana jest z gluonami. Dla uzyskania kompletnego obrazu struktury nukleonu konieczne jest jednak jego badanie z wykorzystaniem możliwie szerokiego spektrum reakcji. W oddziaływaniach hadron-hadron mo liwy jest bezpo redni dostę do gluonów poprzez rozpraszanie parton-parton i w konsekwencji badanie wkładu gluonów do spinu protonu. Porównanie rezultatów z eksperymentów DIS oraz z oddziaływaniami hadronów pozwala na testowanie uniwersalności opisu struktury hadronów i procesu hadronizacji w ramach perturbacyjnej QCD (pQCD). W granicy wysokich energii rachunki w ramach pQCD, w których kwarki i gluony traktowane są jak swobodne cząstki poruszające się kolinearnie z hadronem i w których zakładana jest faktoryzacja rozkładu partonów w hadronach, przekroju czynnego na twarde rozpraszanie partonów oraz funkcji fragmentacji opisującej proces hadronizacji rozproszonych partonów, odniosły spektakularny sukces w zastosowaniu do hadronowych przekrojów czynnych. Energie dostępne na akceleratorze RHIC pozwalają na stosowanie pQCD do opisu reakcji przy dużym kącie poprzecznym. Odpowiednia skala perturbacyjna w DIS to kwadrat czteropięciokrotności wirtualnego fotonu, natomiast w przypadku oddziaływań hadron-hadron to kwadrat pięciokrotności poprzecznego produkowanych dżetów lub cząstek.

Pomimo znaczącego postępu w zrozumieniu struktury nukleonu dokonanego w okresie ostatnich 25 lat, wciąż pozostają otwarte dwa fundamentalne aspekty dotyczące struktury partonowej nukleonu. Pierwszy dotyczy pełnego zrozumienia natury spinu nukleonu. Natomiast drugi dotyczy odejścia od stosowanego obecnie 'jednowymiarowego' opisu nukleonu poprzez skorelowanie informacji o wkładzie poszczególnych partonów do spinu nukleonu z ich momentami poprzecznymi i rozkładem przestrzennym.

Kolejnym tematem należącym do obszaru zainteresowania naszego zespołu są pomiary dyfrakcyjne. Cechą charakterystyczną procesów dyfrakcyjnych jest elastycznie, bądź kwazi-elastycznie rozproszony proton w stanie kołowym. Samo oddziaływanie natomiast zachodzi poprzez wymianę obiektu niesącego liczby kwantowe próżni, tzw. Pomeronu. W opisie QCD wymiana Pomeronu to wymiana gluonów w stanie kolorowego singletu. Rejestracja rozproszonych pod bardzo małymi kątami protonów przy wysokich energiach umożliwia więc selekcję procesów zachodzących poprzez wymianę obiektów złożonych głównie z materii gluonowej. Dodatkowa polaryzacja wiązek protonowych na RHIC umożliwia badanie nieznanych zależności spinowych w procesach dyfrakcyjnych. Szczególnie interesujące są procesy z wymianą dwóch Pomeronów w których każdy z protonów 'emituje' Pomeron, a następnie oba Pomerony oddziałują produkując układ o masie M_X w stanie kołowym. Tym stanem kołowym mogłyby być rezonanse, układy wielocząstkowe, dżety, itp.

QCD przewiduje istnienie stanów związanych gluonów tzw. glueball. Potwierdzenie istnienia i charakterystyka tego typu obiektu złożonego daje unikalną możliwość wglądu w naturę oddziaływań silnych ponieważ to samo-oddziaływanie gluonów odpowiada za masy tych hipotetycznych cząstek.

Procesy centralnej ekskluzywnej produkcji (CEP) cząstek i rezonansów poprzez podwójną wymianę Pomeronu przy wysokich energiach stały się ostatnio aktywnym polem badań. Pomiary tego typu procesów na RHIC mogą służyć jako testy modeli teoretycznych. Oczekuje się, że ze względu na energie dostępne na LHC, po uruchomieniu programu AFP (ATLAS) będzie można je wykorzystać do pomiarów produkcji bozonu Higgs'a oraz poszukiwania cząstek supersymetrycznych.

Realizacja programu fizycznego naszego projektu pozwoli na postępowanie w zrozumieniu struktury spinowej nukleonu oraz natury oddziaływań dyfrakcyjnych. Uzyskane wyniki i zdobyte doświadczenia będą przydatne w planowanych badaniach na LHC.