

Badanie korelacji dwucząstkowych w kącie azymutalnym i pseudopośpieszności w zderzeniach beryl-beryl przy energiach akceleratora SPS

Model Standardowy opisuje oddziaływania cząstek elementarnych - najmniejszych i niepodzielnych budulców całej materii występującej we Wszechświecie. Te cząstki to sześć kwarków i odpowiadających im antykwarków, sześć leptonów i odpowiadających im antyleptonów, nośniki oddziaływań: foton (oddziaływania elektromagnetyczne), gluony (oddziaływania silne), bozony W^+ , W^- i Z^0 (oddziaływania słabe) oraz niedawno potwierdzony bozon Higgosa nadający cząstkom masę.

Normalna materia jądrowa (protony i neutrony) składa się z kwarków i gluonów, których nie można "wyswobodzić". Jednak przy wysokich temperaturach możemy osiągnąć stan tzw. plazmy kwarkowo-gluonowej (Quark-Gluon Plasma - QGP), gdzie kwarki i gluony zostają uwolnione. Poszukiwanie i badanie QGP – bardzo gorącego i gęstego stanu materii, który wedle Modelu Wielkiego Wybuchu miał istnieć ułamki sekundy po Wielkim Wybuchu – jest jednym z wyzwań współczesnej fizyki. Te poszukiwania odbywają się w jednych z największych światowych ośrodków badań jądrowych – w Europejskim Centrum Badań Jądrowych CERN (Genewa) i Brookhaven National Laboratory (BNL) na Wschodnim Wybrzeżu Stanów Zjednoczonych.

Głównym problemem poszukiwań QGP jest fakt, że nie da się jej zaobserwować bezpośrednio. Można obserwować jedynie cząstki jakie powstały po jej opuszczeniu. Jednym z popularniejszych sposobów jej badania jest analiza przepływu kolektywnego (tzw. flow). Ponieważ QGP wykazuje cechy cieczy (często nazywana jest kolokwialnie „zupą”), rozkłady kinematyczne cząstek po zderzeniu mogą wyglądać tak, jakby cząstki powstały właśnie w ośrodku, który zachowywał się jak gęsty płyn.

Innym sposobem poszukiwania plazmy kwarkowo-gluonowej jest eksploracja diagramu fazowego silnie oddziałującej materii. Diagram fazowy silnie oddziałującej materii, podobnie jak np. diagram fazowy wody, jest zdefiniowany przez różne fazy i przejścia między nimi. W przypadku silnie oddziałującej materii takimi stanami są np. gaz hadronowy oraz właśnie plazma kwarkowo-gluonowa. Jeśli QGP faktycznie istnieje, musi istnieć też granica między stanem QGP a gazem hadronowym czyli tzw. przejście fazowe. Gdy warunki materii są bliskie stanowi w okolicy granicy pomiędzy fazami, zderzenia cząstek zachowują się niestabilnie i niestabilności te mogą doprowadzić do znaczących różnic rozkładów cząstek po zderzeniu w porównaniu do zderzeń z dala od przejścia fazowego. Badanie granicy przejścia fazowego to jedna z motywacji eksperymentu NA61/SHINE przy akceleratorze Super Proton Synchrotron (SPS). Jego poprzednik, NA49, znalazł energetyczną granicę na przejście do QGP w zderzeniach Pb+Pb przy pośrednich energiach SPS.

Aby badania były miarodajne, każdy sygnał QGP wymaga wykonania pomiarów zarówno w warunkach, gdzie spodziewamy się powstania QGP jak i w warunkach, w których się tego nie spodziewamy. Te drugie to tzw. pomiary referencyjne. QGP spodziewamy się, gdy zderzane będą jądra ciężkich pierwiastków przy wysokich energiach. Natomiast nie spodziewamy się np. przy zderzeniach dwóch protonów. Dane ze zderzeń proton-proton stanowią referencję do zderzeń jąder ołowiu, gdzie QGP (przynajmniej dla wyższych energii SPS) powstaje. Interesujące wydaje się sprawdzenie czy QGP może powstawać również w zderzeniach lekkich i średnio-ciężkich jąder. Możliwość badania cząstek ze zderzeń takich systemów ma właśnie eksperyment NA61/SHINE. Bada się w nim zderzenia p+p, Be+Be, Ar+Sc, Xe+La oraz Pb+Pb. To w tych środkowych systemach mogą pojawić się sygnały zmiany faz.

Według mnie, korelacje dwucząstkowe w kącie azymutalnym i pseudopośpieszności stanowią ciekawy rodzaj badań, ponieważ za ich pomocą można oszacować występowanie różnych zjawisk powstających podczas zderzenia cząstek – efekty przepływu kolektywnego, a także efekty rozpadów krótkożytych cząstek (rezonansów), efekty statystyki kwantowej i inne. Wielkie eksperymenty przy akceleratorze Large Hadron Collider, LHC (ATLAS, ALICE, CMS) oraz Relativistic Heavy-Ion Collider, RHIC (np. STAR) przeprowadzały takie analizy dla systemów lżejszych (p+p i p+Pb) jak i najcięższych (Pb+Pb, Au+Au).

Celem projektu jest zbadanie zjawisk występujących w zderzeniach jąder berylu. Z jednej strony przeprowadzenie analiz na tym systemie pozwoli na dokładniejsze zrozumienie zjawisk występujących w systemie większym i cięższym niż podstawowy i referencyjny system proton-proton (którego analizy autor wniosku już przeprowadzał w eksperymencie NA61/SHINE). Z drugiej strony, pod kątem badania granicy przejścia fazowego, jest to pierwszy system, w którym mogą pojawić się oznaki zmiany faz. Wyniki analiz przysłużą się więc do dokładniejszego zbadania diagramu fazowego silnie oddziałującej materii.

Badania przeprowadzone w ramach projektu mają charakter czysto poznawczy. Ich celem jest dodanie wkładu do weryfikacji Modelu Standardowego i Teorii Wielkiego Wybuchu.