

Streszczenie

M.Sc Eng. Maria STEFANIAK

Badania zależności od energii zderzenia przepływów eliptycznych oraz trójkątnych zidentyfikowanych hadronów w eksperymencie STAR oraz modelu EPOS

Badanie właściwości kolektywnej ekspansji materii powstałej w zderzeniach ciężkich jonów jest unikalnym narzędziem wykorzystywanym do lepszego zrozumienia nieperturbacyjnego aspektu QCD. Potrzebny jest wkład zarówno ze strony teoretycznej, jak i eksperymentalnej. Obliczenia hydrodynamiczne przewidują anizotropie w produkcji cząstek, będącą konsekwencją asymetrii w stanie początkowym. Pomiary systematyki (zależności od energii, systemu) tych anizotropii pozwalają nie tylko na potwierdzenie modeli teoretycznych, ale także na określenie nieznanymi elementów, takich jak właściwości plazmy (EoS) czy procesy termalizacji.

Dwucząstkowe korelacje przepływu są potężnym narzędziem w badaniach nad ekspansją materii. Wyrażają zależność między kierunkami produkowanych cząstek. Nierównomierny rozkład pędów stanu końcowego jest konsekwencją anizotropii etapu początkowego w geometrii zderzenia. Przekształcana jest poprzez gradienty ciśnienia w przepływ asymetryczny, zapewniając ostatecznie silną korelację kierunku ruchu cząstek z płaszczyzną uczestników zderzenia. Kształt ekspansji jest opisany za pomocą rozkładu Fouriera, gdzie v_2 odpowiada przepływowi eliptycznemu, a v_3 trójkątnemu. Druga harmoniczna pochodzi głównie z mimośrodu (ϵ_2) obszaru nakładania się jąder podczas kolizji. Z drugiej strony, wszystkie nieparzyste współczynniki nie są wrażliwe na zmiany ϵ , zaś ich sygnał jest zdominowany przez fluktuacje i efekty lepkości. Znieszczenie sygnału przez wkład tzw. "non-flow" jest mniejsze. Szczegółowe badanie wszystkich tych składników sprawia, że przeprowadzone studium obu harmonicznych jest fantastycznym źródłem informacji o różnych aspektach właściwości materii w stanie początkowym.

Wiele interesujących obserwacji opartych na produkcji protonów i antyprotonów jest wykorzystywanych w badaniach diagramu fazowego QCD. Jeden z intrygujących pomiarów pokazał rosnącą różnicę przepływu eliptycznego między p a \bar{p} wraz ze spadkiem energii zderzenia. Istnieje kilka teoretycznych wyjaśnień tej obserwacji. Jednak żadne z nich nie zostało w pełni udowodnione. Dane eksperymentu STAR wykazały do zweryfikowania wielu scenariuszy i udoskonalenia odniesienia doświadczalnego dla badań teoretycznych. Podobny trend różnic między p a \bar{p} zaobserwowałam również dla przepływu trójkątnego, który jest głównie generowany w skutek fluktuacji. Co więcej, skalowanie $n_q(K_{ET})$ dostarczyło informacji na temat możliwych różnych źródeł pochodzenia protonów i antyprotonów.

Z drugiej strony zakłada się, że utworzona materia będzie zachowywać się jak lepki płyn, a jej rozszerzanie można opisać równaniami hydrodynamicznymi. Przejścia między różnymi stanami skupienia materii i charakteryzujące je zależności termodynamiczne są zawarte w równaniu stanu (EoS). Nie można go wyprowadzić bezpośrednio z pierwszych zasad ani zmierzyć w eksperymencie. Badania EoS mają kluczowe znaczenie dla zrozumienia dynamiki materii w różnych obszarach diagramu fazowego materii jądrowej. Nie jest oczywiste, że obserwowalne mierzalne eksperymentalnie mogą dostarczyć informacji na temat EoS lub jego zmian. Wprowadzenie możliwości różnych wyborów EoS podczas tworzenia modelu EPOS dało wyjątkową możliwość takich badań. Rodzina EoS zaproponowana przez kolaborację BEST została zaimplementowana. Zmieniono położenie punktu krytycznego i poziom krytyczności, a także zbadano wpływ na końcowe obserwowalne, takie jak produkcje cząstek, rozkłady pędu poprzecznego, przepływy lub momenty rozkładów netto-protonów.

Praca składa się z Rozdziału 2, w którym przedstawiamy zwięzły przegląd istotnych dla tej pracy aspektów fizyki wysokich energii. Opis anizotropii w ekspansji materii, harmonicznych przepływu i kumulantów dwu-cząstkowych znajduje się w Rozdziale 3. W Rozdziale 4 opisano eksperyment STAR na akceleratorze RHIC. Wybór danych i ocena niepewności systematycznych omówiona została w Rozdziale 5. Rozdział 6 jest poświęcony wynikom eksperymentalnym. W kolejnym Rozdziale 7 zawarty został opis modelu EPOS i zaimplementowane w nim zmiany (wprowadzenie nowego EoS). Badania wprowadzonego EoS do modelu EPOS i porównanie z wynikami STAR przedstawiono w Rozdziale 8. Na koniec, w Rozdziale 9, podsumowano przeprowadzone badania i przedstawiono perspektywę wpływu na przyszłe badania.

Istnieją trzy załączniki zawierające krótkie podsumowanie mojego zaangażowania

w: rozwój oprogramowania iTPC - Dodatek B, działania przeprowadzone w ramach projektu Rivet - Dodatek C oraz lista użytecznych równań termodynamicznych w Dodatku A.

Niniejsza rozprawa obejmuje unikalne połączenie podejść eksperymentalnych i teoretycznych do badania właściwości i dynamiki materii.

Słowa kluczowe: ciężkie jony, diagram fazowy, równanie stanu, przepływ