

Stan początkowy i wczesna ewolucja w zderzeniach ciężkich jonów

W zderzeniach ciężkich jonów o najwyższych energiach tworzy się kropla gorącej i gęstej materii. Dynamika zderzenia opisywana jest modelami relatywistycznej hydrodynamiki z lepkością. Modele te dobrze opisują mierzone rozkłady cząstek. Ta obserwacja jest zaskakująca, gdyż formalnie hydrodynamika stosuje się jeśli skale mikroskopowe, takie jak średnia droga swobodna, są dużo mniejsze niż skale makroskopowe, na których zmieniają się wielkości makroskopowe. W zderzeniach jądrowych gradienty gęstości i prędkości są zwykle duże. Jest to tym bardziej prawdziwe dla zderzeń proton-jądro, gdzie również stosuje się model hydrodynamiczny.

Próby rozszerzenia opisu zderzenia na dynamikę daleką od równowagi prowadzą do wniosku, że na wczesnym etapie zderzenia poprawki nierównowagowe są bardzo duże. Na wczesnym etapie materia rozszerza się bardzo szybko w kierunku podłużnym, wzdłuż osi zderzenia. Powoduje to powstanie asymetrii efektywnego ciśnienia w układzie. Ciśnienie podłużne jest dużo mniejsze niż ciśnienie poprzeczne. Jest znamienne, że nie udało się dotychczas znaleźć bezpośrednich obserwacyjnych dowodów tak silnych efektów nierównowagowych.

Celem projektu jest znalezienie sygnałów doświadczalnych nierównowagowego rozkładu ciśnienia na wczesnym etapie zderzenia. Proponujemy zbadania dwóch wielkości. Pierwsza to tzw. przepływ ukierunkowany w niecentralnych zderzeniach. Efekt ten polega na silniejszym wypływie materii w jednym kierunku poprzecznym do osi zderzenia, dla materii poruszającej się do przodu i w przeciwnym kierunku poprzecznym, dla materii poruszającej się do tyłu. Taki efekt powstaje przez wspólne oddziaływanie ciśnienia poprzecznego i podłużnego na elementy płynu. Drugim sygnałem asymetrii ciśnienia może być asymetryczna dyfuzja ładunków w ośrodku. Para kwark-antykwarok powstała na początku zderzenia podlega dyfuzji w ośrodku. W przypadku asymetrii ciśnień dyfuzja w kierunku poprzecznym będzie silniejsza niż w kierunku podłużnym.

Możliwość eksperymentalnego zmierzenia efektów nierównowagowych pozwoli na zrozumienie mechanizmu tworzenia gęstej materii w zderzeniu, tzw. plazmy kwarkowo-gluonowej. Oszacowanie czasu relaksacji do równowagi da odpowiedź na pytanie czy chromodynamika kwantowa w nierównowadze opisywana jest silnie oddziałującą teorią pola czy też równaniami kinetycznymi.