

Dżety są strumieniami cząstek składających się z kwarków i gluonów, czyli hadronów, produkowanych w wysokoenergetycznych zderzeniach pomiędzy elektronami, protonami czy nawet ciężkimi jądrami. Mechanizm produkcji dżetów jest – przynajmniej obrazowo – dosyć prosty. Przypuśćmy, że mamy dwa protony pędzące w kierunku siebie z prędkością bliską prędkości światła. Protony te muszą mieć naturalnie bardzo duże energie, ponieważ dla każdej cząstki, która nie jest bezmasowa, rozpędzenie jej do prędkości światła wymaga nieskończonej energii. Oddziaływania takich protonów są najczęściej elektromagnetyczne (mają ładunek elektryczny), ale od czasu do czasu następuje zderzenie ich składników, tzw. partonów, czyli kwarków i gluonów. Ich zderzenia opisuje Chromodynamika Kwantowa (ang. Quantum Chromodynamics – QCD), czyli fundamentalna teoria oddziaływań silnych. Podczas takich zderzeń, nowo powstałe partony są często wyrzucone z dużą prędkością poza punkt zderzenia, poprzecznie do osi zderzenia. Ze względu na tzw. uwięzienie koloru, które jest własnością QCD, partony te muszą zamienić się w skolimowany strumień hadronów. Ta dualność partonowo-hadronowa oznacza, że poprzez obserwację dżetów obserwujemy solidną porcję dynamiki kwarków i gluonów.

Niniejszy projekt dotyczy dżetów, które są produkowane pod stosunkowo małymi kątami do osi zderzenia, wszystkie w tym samym kierunku – są to tzw. dżety 'do przodu'. Okazuje się, że takie dżety powstają gdy jeden z protonów znajduje się w stanie zawierającym dużo więcej gluonów niż drugi proton. Ze względu na zachowanie pędu i energii gluony te muszą nieść bardzo małe ułamki x pędu hadronu. Z tego względu, ten obszar teorii QCD jest często nazywany fizyką małych x . Teoria przewiduje, że wzrost gęstości gluonów ma szczególną potęgową zależność od x , gdy x maleje. Gdy x jest dostatecznie małe, teoria przewiduje również zjawisko saturacji gęstości gluonowych.

Obliczenia teoretyczne dla procesów w obszarze małych x są bardziej wymagające niż dla procesów średniego x . Jednym z powodów jest to, że amplitudy rozpraszania, tzn. zespolone funkcje opisujące oddziaływania partonów, muszą tak naprawdę zawierać nie pojedynczy nadchodzący gluon z małym x , ale 'kolektywny gluon' (tzw. linię Wilsona). Odpowiednie uniwersalne metody ich obliczania zostały już opracowane dla najniższego rzędu rachunku zaburzeń, obecnie zaś są opracowywane dla wyższego rzędu.

Głównym celem projektu jest opracowanie programu komputerowego, który pozwoli na symulacje procesów produkcji dżetów do przodu z wyższą precyzją, niż możemy to zrobić obecnie. Najbardziej wszechstronnymi programami są tak zwane generatory Monte Carlo. Wykonują one obliczenia poprzez losowe generowanie pędów partonów i przypisaniu im wagi obliczonej z mikroskopowych własności partonów i hadronów. Po wygenerowaniu wielu milionów konfiguracji, pozwala to na obliczenie prawdopodobieństwa występowania zdarzeń zawierających dżety do przodu.

Nasz program Monte Carlo pomoże zgłębić wiele ważnych pytań w fizyce wysokich energii. Jednym z nich jest pytanie, czy dane doświadczalne zebrane do tej pory (i w przyszłości) przez Wielki Zderzacz Hadronów, zawierają jednoznaczny sygnał fizyki małych x , jak przewiduje teoria QCD.