

Fizycy cząstek elementarnych w swych badaniach starają się odpowiedzieć na jedno z najbardziej podstawowych pytań: z czego zbudowany jest otaczający nas świat i co go scala? Współcześnie obowiązującą teorią w fizyce cząstek elementarnych jest Model Standardowy, który opisuje zarówno cząstki zwane fermionami, które tworzą każdy znany nam rodzaj materii, jak i oddziaływania pomiędzy nimi, które są przenoszone przez cząstki zwane bozonami. Dokładne pomiary właściwości cząstek pozwalają na sprawdzenie przewidywań Modelu Standardowego i poszukiwanie ewentualnych oznak procesów fizycznych wykraczających poza Model Standardowy.

W celu coraz dokładniejszego zbadania podstawowych składników materii oraz oddziaływań pomiędzy nimi, budowane są akceleratory cząstek, które najpierw przyspieszają cząstki do prędkości bliskich prędkości światła, a następnie zderzają je ze sobą. Eksperymenty prowadzone na akceleratorze SPS w laboratorium CERN w Szwajcarii doprowadziły do odkrycia w 1983 roku bozonów W^\pm . Z kolei najpotężniejszym obecnie istniejącym akceleratorem cząstek jest Wielki Zderzacz Hadronów (ang. Large Hadron Collider, LHC), również zbudowany na terenie CERN. W ramach badań prowadzonych na LHC zderzane są protony przy energiach sięgających teraelektronowoltów, a także jony ołowiu przy porównywalnych energiach na parę nukleonów tworzących ich jądra. Obecnie są to najwyższe energie dostępne w zderzeniach hadronów w laboratoriach.

W Modelu Standardowym bozony W^\pm są odpowiedzialne za oddziaływanie słabe, którym podlegają wszystkie fermiony budujące materię takie jak kwarki czy leptony. Jego skutki można zaobserwować na przykład w rozpadach β , którym ulegają niektóre niestabilne jądra atomowe. Bozony W^\pm rozpadają się po bardzo krótkim czasie od ich wyprodukowania, więc nie można ich zaobserwować bezpośrednio, a jedynie poprzez produkty ich rozpadów. W tego typu rozpadach może powstać elektron lub mion, które można w łatwy sposób zidentyfikować eksperymentalnie, oraz odpowiadające im neutrino. Pomiar produkcji bozonów W^\pm pozwala uzyskać informacje nie tylko na temat oddziaływań słabych, ale także struktury protonu. Przy energiach zderzeń protonów, które są uzyskiwane w akceleratorze LHC, bozony W^\pm są produkowane przede wszystkim w oddziaływaniach kwarków, z których zbudowane są protony, zatem proces ten jest czuły na skład protonów. Eksperyment ATLAS – jeden z czterech głównych eksperymentów działających na LHC – zmierzył produkcję bozonów W^\pm w zderzeniach proton–proton przy energiach 7 i 13 TeV, co pozwoliło na nałożenie ograniczeń na rozkłady gęstości kwarków i gluonów tworzących protony. Produkcja bozonów W^\pm , która jest jednym z podstawowych procesów Modelu Standardowego o dużym przekroju czynnym, stanowi zarazem znaczące tło w poszukiwaniach procesów wykraczających poza Model Standardowy. Precyzyjny pomiar tego procesu pozwoli zwiększyć czułość eksperymentalną na efekty spoza Modelu Standardowego.

W ramach pracy doktorskiej wykonywany jest pomiar produkcji bozonów W^\pm w zderzeniach proton–proton przy energii 5.02 TeV. Będzie to pierwszy pomiar produkcji bozonów W^\pm przy tej energii zderzenia protonów na LHC. Do pomiaru używane są dane zebrane w 2015 roku przez detektor ATLAS, który jest detektorem ogólnego przeznaczenia. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych technik eksperymentalnych pozwala on bardzo precyzyjnie zmierzyć właściwości cząstek powstających w zderzeniach protonów, takich jak elektrony czy miony. Praca doktorska zostanie wykonana w oparciu o rozpady bozonów W^\pm , w których powstają miony i neutrino mionowe. Analizę tego typu przypadków utrudnia obecność neutrino, które oddziałuje z materią tak słabo, że nie jest rejestrowane w detektorze. Aby uzyskać informacje na temat neutrino, wykorzystuje się tzw. brakujący pęd poprzeczny, który jest obliczany z zasady zachowania pędu przy uwzględnieniu energii i pędów wszystkich zarejestrowanych cząstek. Planowany pomiar ma na celu osiągnięcie precyzji rzędu 1%, co będzie możliwe dzięki precyzyjnej kalibracji pomiaru brakującego pędu oraz bardzo dobremu poznaniu procesów tła.

Wyniki pomiaru produkcji bozonów W^\pm w zderzeniach proton–proton zostaną wykorzystane jako pomiar referencyjny dla pomiaru przeprowadzanego w eksperymencie ATLAS w oparciu o dane ze zderzeń ołów–ołów. Przy energiach dostępnych na LHC, w zderzeniach ciężkich jonów powstaje bardzo gorący i gęsty stan materii, czyli plazma kwarkowo-gluonowa (ang. quark-gluon plasma, QGP), którą tworzą kwarki – najmniejsze niepodzielne cząstki materii – oraz gluony – bozony odpowiedzialne za przenoszenie oddziaływań silnych. Bozony W^\pm są idealnym narzędziem do badania właściwości plazmy. Zarówno same bozony W^\pm , jak i leptony powstające w ich rozpadach, nie oddziałują silnie, a zatem ich produkcja nie powinna być zaburzona przez QGP. W ramach niniejszego projektu zostanie dokonana optymalizacja identyfikacji elektronów w zderzeniach ołów–ołów, co ułatwi pomiar produkcji bozonów W^\pm w tych danych.