



Symulacja przypadku produkcji bozonu Higgsa w zderzeniu pp w LHC w wewnętrznym detektorze ATLAS-u.

Fizycy wielkich energii wyruszyli na poszukiwanie najdrobniejszej struktury materii. Okazuje się, że jest to jednocześnie droga do zrozumienia wielkoskalowej struktury i historii Wszechświata. Wszystko wskazuje na istnienie tej „zachodniej drogi do Indii”. Zatwierdzona już budowa wielkiego, hadronowego akceleratora wiązek przeciwbieżnych LHC przypomina wielkie wyprawy w nieznaną. Pragniemy znaleźć odpowiedź na podstawowe pytanie o pochodzenie masy cząstek elementarnych. W modelu standardowym masy cząstek powstają na skutek spontanicznego złamania symetrii cechowania. Poniżej pewnej energii pole skalarnie, zwane polem Higgsa, przyjmuje wartość różną od zera (podobnie jak namagnesowanie ferromagnetyka poniżej temperatury Curie). Pole to wypełnia całą przestrzeń i pozostałe cząstki oddziałując z tym „eterem końca XX wieku” uzyskują masę. Przypomnienie teorii eteru kosmicznego nie jest przypadkowe. W drugiej połowie XIX wieku dominującą teorią była mechanika, więc próbowano znaleźć ośrodek wypełniający próżnię, którego obecność wyjaśniłaby propagację fal świetlnych. W drugiej połowie XX wieku dominującymi są teorie z cechowaniem, więc próbujemy odkryć wszechobecne cząstki Higgsa, które wyjaśniłyby zagadkę masy. Powracając koncepcją jest bogata struktura „pustej przestrzeni”. Czy odkryjemy „eter końca XX wieku” w LHC, czy też po raz kolejny czeka nas zweryfikowanie naszych poglądów? Nie wiadomo. W końcu Krzysztof Kolumb nie odkrył nowej drogi do Indii, tylko Amerykę, najgorzej byłoby jednak, gdybyśmy zamiast odkrywać nowe światy, wszyscy „zajęli się czymś pożytecznym”.

### Typowy detektor (patrz ostatnia strona okładki)

Eksperymenty fizyki wysokich energii przeprowadzane są w wielu ośrodkach na świecie, gdzie znajdują się akceleratory zdolne przyspieszać cząstki elementarne. Pomimo różnorodności akceleratorów, przyspieszanych wiązek cząstek elementarnych czy nawet badanych problemów fizycznych, detektory stosowane w tych doświadczeniach wykazują szereg cech wspólnych. Wynika to z tego, że stawiane detektorom zadania są w tych przypadkach bardzo podobne. Zadaniem detektora jest zarejestrowanie i ewentualne zidentyfikowanie cząstek wyprodukowanych w badanych oddziaływaniach. Zadanie to realizowane jest przez różne podzespoły detektora, które same są zresztą nazywane detektorami. Cząstki emitowane z punktu oddziaływania przechodzą przez kolejne elementy detektora, w których wyznaczany jest, na przykład, ich tor w polu magnetycznym (pomiar pędu cząstki) czy mierzona jest całkowita energia, jaką zdeponuje cząstka w detektorze (kalorymetryczny pomiar energii cząstki). Jasne jest, że pomiar kalorymetryczny jest ostatnim pomiarem, jakiego możemy dokonać, jako że w wyniku tego pomiaru cząstka zostaje w kalorymetrze pochłonięta.

Bardzo istotną cechą detektora jako całości jest jego hermetyczność, to znaczy zdolność do zarejestrowania możliwie wszystkich cząstek emitowanych w badanym oddziaływaniu. W takim detektorze proste sprawdzenie praw zachowania pędu i energii pozwalałoby wnosić o produkcji cząstek nowego typu, które w detektorze nie oddziałują. Kłopot jednak polega na tym, że nie ma detektorów rejestrujących z zadowalającym prawdopodobieństwem znane już neutrino. Trzeba ten fakt uwzględnić w bilansie energetycznym. Poza tym, wyprowadzenie sygnałów z detektorów wymaga kabli, które wraz z elementami nośnymi detektora, stanowią obszary martwe, przez które mogą uciec cząstki. Z tego powodu żądanie hermetyczności odciska silne piętno na projekcie każdego detektora.

W przypadku wiązek przeciwbieżnych detektor zbudowany jest wokół rury (bądź rur), w których krążą zderzające się wiązki cząstek. Zwykle składa się on z części centralnej, nazywanej beczką, oraz dwóch pokryw. Układ detektorów w pokrywach jest podobny do tego w beczce.

W części obszaru beczki wytwarzane jest pole magnetyczne, które zakrzywia tory cząstek naładowanych. Najczęściej używa się solenoidalnych magnesów nadprzewodzących dających pole do kilku tesli. Najbliższym punktu oddziaływania znajduje się tak zwany detektor wierzchołka, którego zadaniem jest określenie punktów rozpadu krótkożyjących cząstek wtórnych. Najczęściej jest to wielowarstwowy detektor półprzewodnikowy. Następnym to detektor śladowy, którego celem jest określenie torów cząstek w polu magnetycznym. Aby wyznaczyć pęd cząstki z rozsądną dokładnością, należy ją śledzić w polu magnetycznym na odpowiednio długiej drodze; stąd średnica centralnego detektora śladowego zwykle wynosi około 1 metra. Oczywiście, większy detektor centralny gwarantuje większą dokładność pomiaru pędu, ale oznacza to zwiększenie rozmiarów nadprzewodzącej cewki, co znacznie podnosi koszty. Wewnątrz cewki zwykle umieszczone są jeszcze detektory identyfikujące cząstki (typu liczników Czerenkowa) i kalorymetr elektromagnetyczny, którego zadaniem jest pomiar energii fotonów i elektronów. Oba te detektory umieszczone są przed cewką magnesu, ponieważ materiał, z którego zbudowana jest cewka, zakłóca ruch przechodzących przez siebie cząstek.

Poza cewką znajduje się jeszcze kalorymetr hadronowy oraz komory mionowe. Kalorymetr służy do wyznaczenia energii cząstek silnie oddziałujących (hadronów) i zwykle jako absorber wykorzystuje jarzmo magnesu zamykające pole magnetyczne. Absorber kalorymetru jest na tyle gruby, że poza kalorymetr hadronowy ze znanych cząstek naładowanych mogą się przedostać tylko miony. Wobec tego wszystkie cząstki zarejestrowane przez wspomniane komory mionowe z definicji uważane są za miony. Na tylnej okładce przedstawione są omówione elementy na przykładzie detektora DELPHI pracującego przy akceleratorze elektronów i pozytonów LEP w CERN-ie. Warto przy tej okazji zaznaczyć, że elementy kalorymetru elektromagnetycznego, detektorów Czerenkowa (RICH) oraz detektora wierzchołka i detektora wewnętrznego zostały wykonane w Polsce.

Krzysztof DOROBA