

Mamy to! Czyli co?

Nie można tego było dłużej ukrywać. W dniu 4 lipca, na wspólnym, transmitowanym na cały (cywilizowany) świat seminarium, zespoły badawcze CMS i ATLAS (działające przy LHC w ośrodku CERN) ogłosiły odkrycie nowej cząstki znalezionej w trakcie poszukiwania bozonu Higgsa. Analizy dotyczyły pięciu najbardziej obiecujących kanałów rozpadu tego obiektu, którego poszukiwania trwały od czterdziestu lat. Wyraźny sygnał cząstki o masie około 133 mas protonu, w kanałach rozpadu na dwa fotony oraz dwie pary lepton-antylepton, został znaleziony przez obydwie eksperymenty. Wyniki uzyskane w pozostałych kanałach, w których ewentualny sygnał byłby bardziej rozmyty, nie były jeszcze konkluzywne. Jednak sumaryczny poziom statystycznej istotności sygnału okazał się wystarczający do samodzielnego ogłoszenia odkrycia przez każdy z eksperymentów z osobna.

Sam bozon Higgsa jest ostatnim niepotwierdzonym doświadczalnie przewidywaniem najprostszej wersji mechanizmu ukrywającego tzw. symetrię elektrosłabą. Mechanizm ten jest wbudowany w Model Standardowy oddziaływań fundamentalnych. Symetrią tą jest natomiast tzw. lokalna symetria cechowania, czyli w pewnym sensie dopuszczenie możliwości dowolnego wyboru zespolonej fazy pól opisujących cząstki materii (leptony i kwarki) w każdym punkcie czasoprzestrzeni. Jednoczesne żądanie niezmienniczości lorentzowskiej (symetrii czasoprzestrzennej) wygląda na niewykonalne, ale okazuje się, że można je spełnić, interpretując powstające zaburzenia (niedopasowanie) jako wzbudzenia pewnego pola, które (w najprostszej wersji cechowania) okazują się po prostu fotonami! W ten sposób elektrodynamika, z bezmasowym fotonem jako nośnikiem (czyli z nieskończonym zasięgiem), pojawia się jako prosta konsekwencja symetrii.

Z oddziaływaniami słabymi, które pozwala na rozpady masywniejszych fermionów na mniej masywne, był jednak kłopot, bo jest ono niezwykle krótkozasięgowe, a więc jego nośniki powinny być bardzo masywne. Okazało się, że z tego impasu można wyjść, postulując coś, co ukrywa odpowiednią symetrię cechowania poprzez zaaranżowanie jej braku w rozwiązaniu o najniższej energii (zwanym próżnią). Jednym z poglądowych modeli takiej konstrukcji jest dno butelki od szampana w wrzuconą do butelki kulka. I butelka, i kulka są symetryczne względem obrotów wokół osi pionowej, ale układ kulka – butelka już nie.

W rozpatrywanym przypadku szkło trzeba zrobić ze specjalnego tworzywa, które nie będzie łamało symetrii Lorentza. Musi to być coś niepolaryzowalnego, żeby nie mogło wyróżnić żadnego kierunku w przestrzeni. Takim czymś jest pole skalarne. Następnie szkło należy odpowiednio „wygiąć”, żeby spełniło swoje zadanie. Efekt finalny jest taki, że za pomocą czterech pól skalarnych można nadać masę trzem nośnikom związanym z oddziaływaniami słabymi za cenę zapostulowania istnienia jednej skalarnej cząstki o nieznannej masie, powszechnie nazywanej bozonem Higgsa (w przykładzie z butelką odpowiada ona drganiom radialnym, a jej masa jest związana z krzywizną dna). Sam mechanizm ukrywania symetrii nazywany jest (ostatnio) mechanizmem

Brouta–Englerta–Higgsa–Guralnika–Hagena–Kibble’a, ale w sprawę było zaangażowanych więcej osób, z których większość została już nagrodzona Nagrodą Nobla (nagród było co najmniej pięć, nagrodzonych z tuzin). Cząstka jest „tylko” Higgsa, bo to jemu przypisuje się zwrócenie uwagi na konieczność jej istnienia.

Cała konstrukcja okazała się prowadzić do konkretnych przewidywań, które zostały w miarę szybko potwierdzone. W szczególności znaleziono najpierw (wcześniej nigdy nieobserwowany) przejaw przenoszenia oddziaływania słabego przez trzeci, neutralny nośnik Z^0 , a następnie same nośniki: W^+ , W^- i Z^0 , o masach przewidzianych na podstawie pomiaru siły sprzężenia elektromagnetycznego i słabego (proporcjonalnych do promienia dna „butelki”).

Brakującym elementem pozostawał bozon Higgsa. I właśnie coś tak wyglądającego znaleźliśmy. Jeżeli rzeczywiście jest to bozon odpowiadający najprostszej wersji mechanizmu ukrywania symetrii elektrosłabej, która jest zaimplementowana w Modelu Standardowym, to wiemy o nim wszystko. Wiemy, że siła jego oddziaływania z fermionami powinna być proporcjonalna do ich masy. Wbrew rozpowszechnianej opinii wartości mas fermionów nie są w ten sposób wyjaśnione, bo dalej dla każdego fermionu potrzebny jest osobny parametr, którego wartość trzeba zmierzyć. Tyle teoria, zobowiązani jesteśmy jednak sprawdzić, czy to oddziaływanie rzeczywiście takie jest, to zaś może potrwać. Choć po tym sezonie dysponować będziemy trzy razy większą liczbą przypadków, to będzie ich nadal za mało.

W każdym razie należy spodziewać się przyznania Nagrody Nobla. Tylko kiedy i komu? Zdania są podzielone, a sprawiedliwego rozwiązania nie ma. Nie zdarzyło się jeszcze, żeby w takim przypadku uhonorować kilka tysięcy odkrywców (LHC, ATLAS, CMS). Można by było przyznać nagrodę ośrodkowi CERN, ale podobnego przypadku też nie było (zbiorowo przyznawano tylko pokojowe nagrody). Pozostają teoretycy. Trudno wyobrazić sobie pominięcie Petera Higgsa, ale kandydatów jest jeszcze co najmniej czterech (Robert Brout zmarł w zeszłym roku). Moim zdaniem nagrodę otrzymają François Englert, Peter Higgs oraz albo Tom W.B. Kibble, albo Jeffrey Goldstone. Jeśli nie w tym roku (czyli zaraz po ukazaniu się tego numeru *Delty*), to w przyszłym, gdy zostaną ogłoszone wyniki na podstawie pełnych danych zebranych przez CMS i ATLAS w 2012 roku.

Podsumowując, właśnie dokonaliśmy epokowego odkrycia, choć jeszcze nie wiemy, czym dokładnie jest to, co widzimy. Może to być najprostszy mechanizm ukrywania symetrii elektrosłabej, ale mamy uzasadnioną nadzieję na coś znacznie ciekawszego.

Piotr ZALEWSKI

- [1] CMS Collaboration (naukowcy z Warszawy są współautorami), *Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC*, arXiv:1207.7235, 31/07/2012.
- [2] ATLAS Collaboration (naukowcy z Krakowa są współautorami), *Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC*, arXiv:1207.7214, 31/07/2012.