

Nowe odpowiedzi, nowe pytania

Jedenaście lat temu na lipcowej konferencji prasowej w CERN-ie ogłoszono odkrycie bozonu Higgsa. Błogosławieństwo wieku średniego pozwala mi być zarazem dość starym, by rozumieć wówczas znaczenie tego odkrycia, i wystarczająco młodym, by pamiętać towarzyszące mu emocje. Jednak z ważnymi odkryciami cząstek elementarnych jest trochę tak jak z filmami kryminalnymi – publiczności pokazuje się (czasem efektowne) morderstwo, po czym do akcji już poza zasięgiem kamer i scenariusza wkraczają specjaliści, dokumentują zdarzenie i starają się lepiej zrozumieć, co się właściwie wydarzyło.

Takim właśnie badaniom poddawany był bozon Higgsa przez przeszło dekadę. Poszczególne wyniki, niekiedy dokumentowane na tych łamach, z coraz większą dokładnością potwierdzały, że doświadczalnie wyznaczone własności tej cząstki są zgodne z przewidywaniami Modelu Standardowego cząstek elementarnych. A fizycy teoretycy cierpliwie czekali na pojawienie się jakichś niezgodności, które mogłyby świadczyć o tym, że Model Standardowy trzeba rozszerzyć.

Badanie bozonu Higgsa nie jest łatwe. Jest on cząstką pozbawioną ładunku i oddziałującą jedynie słabo, co oznacza, że prawdopodobieństwo jego produkcji jest małe. Potrzeba naprawdę dużych energii i wielkich liczb zderzających się cząstek, aby zebrać jakąkolwiek statystycznie istotną próbkę. Nawet w tak wielkim zderzaczach jak LHC produkuje się zaledwie jedna taka cząstka na dwie sekundy działania maszyny. Nic zatem dziwnego, że wyznaczenie charakterystyk niektórych rzadkich procesów z udziałem bozonu Higgsa trwa całymi latami.

Przykładem takiego rzadkiego procesu jest rozpad bozonu Higgsa na bozon Z, masywną, neutralną cząstkę przenoszącą oddziaływania słabe, i znany z oddziaływań elektromagnetycznych foton. Model Standardowy przewiduje, że zaledwie w 0,15% przypadków rozpad bozonu Higgsa przebiega właśnie w ten sposób. Co gorsza, pojawienie się bozonu Z trzeba też jakoś wykryć. Nie jest to łatwe, bo jest on też cząstką nietrwałą, żyjącą zbyt krótko, by można ją było bezpośrednio zaobserwować. Identyfikuje się ją za pomocą produktów jej rozpadu – w parę elektron-pozyton lub mion-antymion, co zdarza się w przypadku 6,6% rozpadów. Oznacza to, że przy założeniu stuprocentowej wydajności detektorów – a jest to przecież bezsensownie optymistyczne założenie! – zaledwie jeden na dziesięć tysięcy rozpadających się bozonów Higgsa wyprodukuje interesujący nas sygnał, który moglibyśmy zaobserwować.

Znaczenie rozpadu bozonu Higgsa na bozon Z i foton polega na tym, że – zgodnie z Modelem Standardowym – nie następuje on bezpośrednio, tylko w pewnym sensie asystują mu inne cząstki obecne w przyrodzie, być może również te, które nie zostały jeszcze wykryte. Zatem, jeśli zmierzone prawdopodobieństwo tego rozpadu byłoby istotnie różne od przewidywań Modelu Standardowego, stanowiłoby to argument za tym, że takie nowe cząstki istnieją, a ich masy są zbliżone do skali energii osiągniętych przez cząstki zderzane w LHC.

Aby wyznaczyć doświadczalnie szukane prawdopodobieństwo, konieczne było połączenie sił zespołów fizyków przy detektorach ATLAS i CMS. Używając metod sztucznej inteligencji do analizy danych, badacze stwierdzili, że wynosi ono 0,34% z niepewnością pomiarową 0,11%. Z jednej strony może to wzbudzać pewien niepokój, bo wyznaczona wartość jest 2,2 raza większa od przewidywań, ale, z drugiej strony, niepewności pomiarowe są jeszcze na tyle duże, że zgodność z Modelem Standardowym nie jest jeszcze wykluczona, chociaż prawdopodobieństwo przypadkowej fluktuacji statystycznej takiego rzędu nie jest wcale bardzo duże i wynosi tylko 6%. Na rozwiązanie zagadki, co właściwie zostało zmierzone, przyjdzie nam zatem jeszcze zapewne poczekać kilka lat...

Krzysztof TURZYŃSKI

Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

Odpowiedzi na pytania ze strony 13:

Pytanie 1. W tej sytuacji należałoby uwzględnić to, że gdyby znajomy miał synka i córeczkę, to ich mama miałaby tylko 50% szans na przyprowadzenie synka. W związku z czym tabelkę z rysunku 4 w artykule należałoby zmodyfikować poprzez dwukrotne zwężenie zamalowanych, niezakreskowanych prostokątów. Daje to odpowiedź 50%.

Pytanie 2. Interpretacja tej sytuacji wydaje się do pewnego stopnia uznaniowa, jednak w opinii autora artykułu należałoby przyjąć, że znajoma nie odpowiedziała na nasze pytanie (*Czy co najmniej jedno dziecko jest chłopcem urodzonym w poniedziałek?*), lecz na dwa osobne: *Czy masz co najmniej jednego synka?* i *Czy masz co najmniej jedno dziecko urodzone w poniedziałek?* Gdybyśmy faktycznie takiej jej zadali (w jakimś sensie to zrobiliśmy, gdyż to my wybraliśmy *poniedziałek*), to szansę na dwóch chłopców szacowalibyśmy jako $\frac{1}{3}$ (warto wyobrazić sobie graficzne przedstawienie tej sytuacji na rysunku 3 z artykułu).

The ATLAS and CMS Collaborations.
2023. Evidence for the Higgs boson decay to a Z boson and a photon at the LHC.
ATLAS-CONF-2023-025