

# ARTYKUŁY

## BOZON HIGGSA ZAREJESTROWANY. POLKA NA CZELE RADY CERN

Małgorzata Nowina Konopka

W dniu 4. lipca 2012 r. w wypełnionej po brzegi dużej auli CERN odbyło się seminarium naukowe, podczas którego liderzy eksperymentów ATLAS i CMS przedstawili wstępne wyniki poszukiwania bozonu Higgsa, opracowane na podstawie śladów zarejestrowanych w 2011 r. i uściślonych o najnowsze dane z roku 2012 r. Zbiór danych z 2012 r. pochodzi od zderzeń proton-proton z energią środka masy zwiększoną do 8 TeV i chociaż były one zbierane zaledwie trzy miesiące, to ich liczba przewyższa liczbę danych zebranych w ciągu całego 2011 r. Zebrano i przeanalizowano około kwadryliona (milion milionów) zderzeń proton-proton na wielkim zderzaczu hadronów LHC. Ta nagła kumulacja była możliwa dzięki ogromnemu wysiłkowi grup ludzi pracujących przy LHC.

Stwierdzono, że w obu eksperymentach widać obecność nowej cząstki, którą może być bozon Higgsa o masie 126 gigaelektronvoltów.

Bozon Higgsa to jedyna w Modelu Standardowym cząstka do tej pory nie zarejestrowana doświadczalnie. Opracowany w latach 60. XX wieku Model Standardowy jest teorią opisującą zachowanie cząstek elementarnych oraz oddziaływań pomiędzy nimi. Opis ten dotyczy materii widzialnej, z której zbudowane jest zaledwie 4% Wszechświata, natomiast nie obejmuje materii niewidzialnej stanowiącej całą resztę, czyli 96%. Jednym z głównych celów eksperymentów w CERN-ie na wielkim zderzaczu hadronów (LHC), było znalezienie bozonu Higgsa – „boskiej cząstki” nadającej masę wszystkim innym cegiełkom, z których zbudowany jest Wszechświat. Poznanie bozonu Higgsa w MS może stać się kluczem do nowej fizyki wykraczającej poza MS.

W nowszych, głębszych niż Model Standardowy teoriach również istnieją bozony Higgsa, nadające masę cząstkom, ale są one inne. Na przykład dla modelu supersymetrycznego istnieje 5 bozonów Higgsa: jeden neutralny dwa ciężkie i dwa naładowane. Każdy z nich powstaje w innych rozpadach o innych, niż dla bozonu Higgsa MS, przekrojach czynnych.

Bozony Higgsa są bardzo krótko żyjące i rozpadają się na wiele sposobów. Poszukiwania polegały więc, raczej na obserwacji cząstek – produktów rozpadu, niż samych bozonów.

W obu eksperymentach: ATLAS i CMS przeprowadzono badania w zakresie masy 110- 600 GeV dla różnych kanałów rozpadu analizując pełną próbę danych:

$$pp(\sqrt{s}=7 \text{ cV}) - 4.9\text{fb}^{-1}$$

– Wyznaczyliśmy, że najbardziej prawdopodobnym przedziałem masy dla bozonu Higgsa jest przedział 116 – 130 GeV, a w ostatnich kilku tygodniach zaobserwowaliśmy intrygującą nadwyżkę przypadków wokół masy równej 125 GeV – powiedziała w grudniu 2011 Fabiola Gianotti – spokeperson eksperymentu Atlas. – Ta nadwyżka może być spowodowana fluktuacją, ale może to być również coś bardziej interesującego. Potrzebujemy więcej badań i więcej danych. Sądząc po wydarzeniach 2011 r. widać, że nie będziemy już długo czekać na wystarczającą liczbę danych i możemy się spodziewać rozwiązania tych puzli w 2012 r.

Zaobserwowana nadwyżka przypadków:

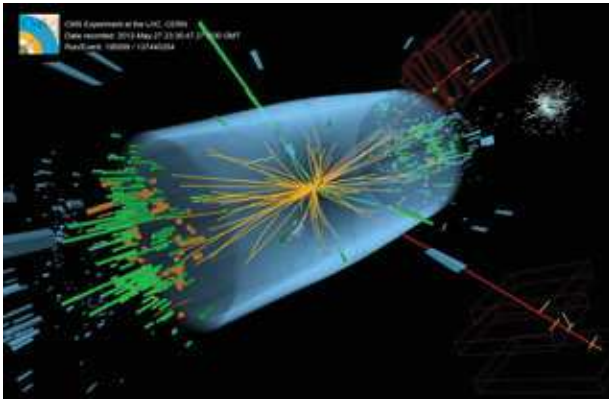
$$m_H = 125 \text{ GeV na poziomie } 3.6 \sigma \\ (2,3 \sigma \text{ po poprawce LEE})$$

z największym wkładem pochodzącym od kanałów rozpadu:

- $H \rightarrow \gamma \gamma$  ( $2.8 \sigma$ )
- $H \rightarrow W W^{(*)} \rightarrow |v|v$  ( $1.4 \sigma$ )
- $H \rightarrow Z Z^{(*)} \rightarrow 4l$  ( $2.1 \sigma$ )

znajdujących się w niskim obszarze masy, który jeszcze nie został wykluczony.

– Nie możemy wykluczyć obecności bozonu Higgsa MS pomiędzy 115 a 127 GeV, ponieważ pojawiła się niewielka nadwyżka przypadków w tym obszarze masy, zupełnie zgodnie w pięciu niezależnych kanałach – tłumaczył w grudniu spokeperson eksperymentu CMS Guido To-



**Rys. 1.** Rozpad bozonu Higgsa do pary bozonów Z, z których jeden rozpada się do pary elektronów (zielone linie i zielone graniastosłupki), a drugi bozon Z rozpada się na parę mionów (czerwone linie). I ten przypadek również może pochodzić od znanego tła

nelli – Nadwyżka ta jest najbardziej kompatybilna z bozonem Higgsa  $M_S$  w sąsiedztwie 124 GeV i poniżej, lecz skąpa statystyka nie pozwala nic więcej powiedzieć.

To jeszcze w grudniu 2011 r., a już 4. lipca 2012 r. Fabiola Gianotti powiedziała:

– Dzisiaj badania są bardziej zaawansowane niż mogliśmy się spodziewać. – Obserwujemy w naszych danych wyraźne oznaki nowej cząstki, na poziomie ufności 5 sigma, w obszarze masy 126 GeV, ale potrzeba jeszcze trochę czasu, aby określić własności nowej cząstki i więcej danych, aby sfinalizować te rezultaty w postaci publikacji.

– Wyniki są wstępne, ale sygnał z dokładnością 5  $\sigma$  przy 125 GeV widzimy bardzo wyraźnie. To jest rzeczywiście nowa cząstka. To musi być bozon i to najcięższy bozon, jaki kiedykolwiek znaleziono – stwierdził spokesperson CMS Joe Incandela.

– Odkrycie cząstki podobnej do bozonu Higgsa otwiera drogę do szczegółowych badań wymagających jeszcze większej statystyki, które potwierdzą własności nowej cząstki i rozjaśnią dalsze tajemnice wszechświata – powiedział dyrektor CERN Rolf Heuer – Zrobiliśmy milowy krok w poznawaniu Natury.

W seminarium lipcowym uczestniczył oczywiście wzruszony i szczęśliwy Peter Higgs. Gratulował eksperymentatorom i dziękował, że po tylu latach udało się potwierdzić istnienie zaproponowanej przez niego cząstki. Zebrani fizycy owacją na stojąco przyjęli wiadomość o odkryciu, brawami dziękowali i cieszyli się z tego ogromnego osiągnięcia wielkiej społeczności CERNowskiej oraz tysięcy osób na całym świecie, zaangażowanych w ten gigantyczny eksperyment.

Władzom CERN niezmiernie zależy na jak najszerszym informowaniu społeczeństwa o prowadzonych badaniach oraz ich wynikach. Niemniej widać ogromną ostrożność w oficjalnych komunikatach, żeby uniknąć ewentualnej pomyłki, czy potraktowania jakiegoś artefaktu za prawdziwy. Atmosfera wyścigu o prymat w odkryciu dawno się rozwiła. Jest skupienie i rzetelna obserwacja oraz mrówcza praca nad zwiększeniem statystyki zaobserwowanych efektów. Odkrytą cząstką należy gruntownie przebadać, by stwierdzić, czy rzeczywiście spełnia wszystkie cechy bozonu Higgsa  $M_S$ , czy też jest to któryś z bozonów spoza tego modelu.

W eksperymencie Atlas od samego początku pracują Polacy. Są to oprócz fizyków specjaliści z zakresu informatyki, elektroniki, mechaniki, technologii akceleratorowych i wielu innych dziedzin inżynierii.

– Reprezentują dwie instytucje krakowskie Instytut Fizyki Jądrowej PAN, obecnie około 30 osób oraz kilkanaście osób z Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej – mówi prof. Barbara Wosiek z IFJ PAN, kierownik zespołu polskiego eksperymentu ATLAS. Budowaliśmy detektor wewnętrzny ATLASa (detektory krzemowe), tworzyli elektronikę do zasilania, odczytu i sterowania, instalowali, uruchamiali, testowali poszczególne elementy. Po awarii braliśmy udział w jej usuwaniu, a obecnie zajmujemy się utrzymaniem aparatury w ciągłej gotowości do pomiarów prowadzonych przecież ze znakomitą dokładnością, zbieramy i analizujemy dane, których miliony tworzy się podczas zderzeń.

W eksperymencie CMS pracuje zespół fizyków z Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego. Ich praca i zaangażowanie wzbudza coraz większy szacunek władz CERN. Polscy fizycy np. wygrali konkurs na organizację sympozjum mającego na celu uaktualnienie dotychczasowej Europejskiej Strategii dla Fizyki Cząstek (European Strategy for Particle Physics). Rada naukowa CERN przyjęła tę strategię w 2006 r. z założeniem aktualizacji co 5 lat. Sympozjum odbyło się w Krakowie w dniach 10-12 września 2012 r. Uczestniczyło w nim blisko 500 uczonych z CERN i całego świata.

20 września prof. Agnieszka Zalewska została wybrana na Przewodniczącą Rady Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych CERN. Jest pierwszą w historii kobietą i pierwszą Polką, która pokieruje badaniami w tym największym laboratorium naukowym Europy. Tak wysokiego stanowiska nie piastował jeszcze żaden przedstawiciel Europy Środkowo-Wschodniej.



**Fot. 2.** Prof. Agnieszka Zalewska na lotnisku w Krakowie po powrocie z CERN. (Fot. J. Graczyński)

O tę niezwykle prestiżową funkcję, poza prof. Agnieszką Zalewską ubiegali się trzej inni kandydaci. Kandydatura prof. Roberto Petronzio, fizyka z Uniwersytetu Rzymskiego Tor Vergata, została zgłoszona przez Włochy, prof. Jos Engelen, zgłoszony przez delegację duńską i brytyjską, był w przeszłości m.in. dyrektorem naukowym CERN, obecnie stoi na czele holenderskiej organizacji badań naukowych (Netherlands Organization for Scientific Research). Dr Bjorn Jacobson, kandydat zgłoszony przez Norwegię, jest doradcą Norweskiej Rady ds. Badań Naukowych.

Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego Barbara Kudrycka zabiegała o poparcie innych państw dla polskiej kandydatki. Wystosowała listy m.in. do unijnej komisarzy ds. badań, innowacji i nauki Maire Geoghegan-Quinn, ministrów nauki krajów należących do CERN, a także zasiadających w Radzie CERN delegatów naukowych i rządowych. Również nasze służby dyplomatyczne przyczyniły się do wzmocnienia kandydatury polskiej uczonej. W rezultacie Polka zwyciężyła już w pierwszej turze głosowania.

Rada CERN stanowi rodzaj parlamentu, czy rady nadzorczej dla firmy. Zatwierdza budżet i decyduje o realizacji dużych projektów naukowych, odpowiada za europejską strategię dla fizyki cząstek, a Przewodniczący Rady CERN - decyduje o obradach Rady i reprezentuje organizację. To jakby odpowiednik marszałka Sejmu czy dyrektora rady nadzorczej. Kadencja Przewodniczącego trwa w zasadzie rok, ale po tym czasie Rada może go

wybrać ponownie, jednak nie więcej niż dwa razy z rzędu. Od 2010 r. funkcję Przewodniczącego Rady pełnił Francuz Michel Spiro.

Profesor Agnieszka Zalewska pracuje w Instytucie Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk w Krakowie. Studiowała fizykę na Uniwersytecie Jagiellońskim. Od początku pracy naukowej zajmuje się fizyką cząstek elementarnych. Jej doktorat był oparty na danych z CERNowskiego eksperymentu z komorą pęcherzykową. Obroniła go w 1975 r. Później pracowała w eksperymencie DELPHI na zderzacz elektronowo pozytonowym LEP w CERNie, gdzie odegrała ważną rolę dla rozwoju krzemowych detektorów śladu. Od 2000 r. jest związana z fizyką neutrin uczestnicząc w eksperymencie ICARUS we Włoskim laboratorium Gran Sasso, gdzie bada się wiązkę neutrin wysyłaną z CERNu poprzez skorupę ziemską, a także w japońskim eksperymencie, w którym wiązka wysyłana jest z ośrodka J-PARC w miejscowości Tokai na wschodnim wybrzeżu, a oddziałuje w oddalonym o 300 km detektorze Super-Kamiokande na zachodzie Japonii. Profesor Zalewska zaangażowana jest również w studia nad możliwością wybudowania podziemnego laboratorium w Polsce w Sieroszowicach. W swojej karierze naukowej była członkiem kilku komitetów CERNu. Po śmierci prof. Jana Nassalskiego została polskim delegatem do Rady CERN od stycznia 2000 r.

– Chciałabym podziękować Radzie i odchodzącemu przewodniczącemu za zaufanie, którym mnie obdarzyli. CERN i jego Rada staną się moim nadrzędnym priorytetem – powiedziała tuż po wyborze prof. Zalewska – Nadchodzący okres będzie fascynujący, ale równocześnie trudny. Przez dwa lata wielki zderzacz hadronów LHC będzie przebudowywany, a następnie przez rok będzie pracował przy dwa razy większej - czyli już docelowej - energii. Przygotowujemy realizację uaktualnionej Europejskiej Strategii Fizyki Cząstek Elementarnych przyjętej na konferencji w Krakowie.

*Małgorzata Nowina Konopka,  
Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego PAN,  
Kraków*