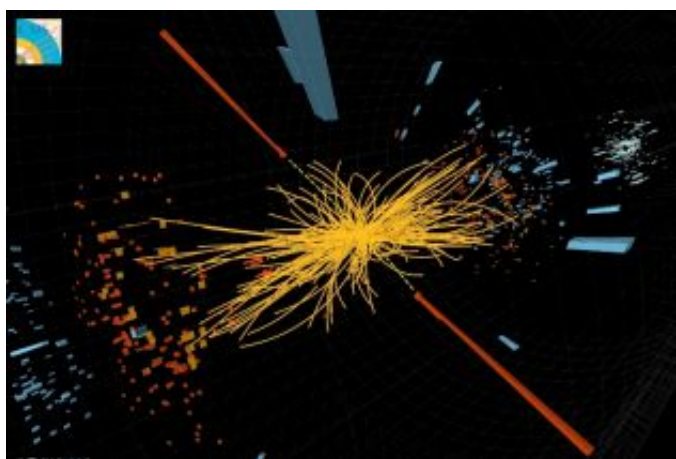


Poszukiwanie bozonu Higgsa z Modelu Standardowego w LHC (dane 2010 i 2011)

2011-12-15



Rysunek 1: Typowy przypadek zawierający dwa fotony o wysokiej energii (przedstawionej jako czerwone słupki), mierzonej przez kalorymetr elektromagnetyczny detektora CMS. Żółte linie przedstawiają zmierzone tory innych cząstek powstałych w tym zderzeniu.

13 grudnia opublikowano w Genewie podsumowanie tegorocznych poszukiwań bozonu Higgsa w eksperymentach przy akceleratorze LHC. Eksperymenty CMS i Atlas zawężyły obszar mas, w którym nadal można poszukiwać bozonu Higgsa przewidywanego przez Model Standardowy. Doniosły też o zaobserwowanych nadwyżkach przypadków w pozostałym obszarze. Liczba tych przypadków jest niewystarczająca do sformułowania rozstrzygających wniosków. Prezentujemy komunikaty CERN, CMS oraz komentarze naukowców z naszego Wydziału.

Komunikat CERN w wersji [polskiej](#) i [angielskiej](#).

Poszukiwanie bozonu Higgsa z Modelu Standardowego w eksperymencie CMS przy LHC na podstawie danych z lat 2010 i 2011

CERN, 13 grudnia 2011

Bozon Higgsa jest jedyną cząstką przewidzianą przez Model Standardowy (MS) fizyki cząstek elementarnych, która nie została jeszcze zaobserwowana doświadczalnie. Zaobserwowanie jej byłoby dużym krokiem naprzód w zrozumieniu sposobu w jaki cząstki uzyskują masę. Nie znalezienie standardowej cząstki Higgsa w LHC byłoby bardzo ważnym wynikiem, który spowodowałby skupienie

większej uwagi na teoriach wykraczających poza Model Standardowy i powiązanych z nimi cząstkach przypominających bozon Higgsa.

Współpraca CMS zaprezentowała dziś najnowsze wyniki poszukiwania standardowego bozonu Higgsa (bozonu Higgsa przewidywanego przez Model Standardowy), otrzymane z analizy całej próbki danych ze zderzeń proton--proton zebranych do końca roku 2011. Wielkość tej próbki odpowiada $4,7 \text{ fb}^{-1}$ scałkowanej świetłości [REF: FB], co oznacza, że CMS może badać produkcję cząstki Higgsa w prawie całym przedziale masy od ograniczenia otrzymanego w Wielkim Zderzaczu Elektronowo--Pozytonowym LEP w CERN-ie, wynoszącego $114 \text{ GeV}/c^2$ (114 GeV w jednostkach naturalnych [REF: GEV]) do 600 GeV . Nasze wyniki pochodzą z połączenia wyników poszukiwań w wielu przewidywanych „kanałach rozpadu” cząstki Higgsa, w szczególności rozpadach na: pary bozonów W i Z rozpadających się na cztery leptoni; pary ciężkich kwarków; pary leptonów tau; oraz pary fotonów (Rysunek 1).

Nasze wstępne wyniki, uwzględniając różne statystyczne poziomy ufności [REF: CL], wykluczają istnienie standardowego bozonu Higgsa w szerokim zakresie możliwych mas tej cząstki:

- $127 - 600 \text{ GeV}$ na poziomie ufności 95%, jak pokazuje rysunek 2a;
- $128 - 525 \text{ GeV}$ na poziomie ufności 99%.

Mówimy, że masa Higgsa jest wykluczona "na poziomie ufności 95%" jeżeli standardowy bozon Higgsa o takiej masie dałby sygnał silniejszy od obserwowanego w co najmniej 95% powtórzeń eksperymentu.

-
Rysunek 2a: Obszar wykluczenia masy standardowego bozonu Higgsa na poziomie ufności 95% (poniżej czerwonej linii). Do analizy zostały użyte dane ze zderzeń proton-proton odpowiadające $4,7 \text{ fb}^{-1}$ scałkowanej świetłości, zebrane przez CMS w latach 2010 i 2011, z wyłączeniem danych zebranych w okresach kiedy niektóre elementy detektora nie pracowały poprawnie. Zakreskowane przedziały odpowiadają obszarom masy wykluczonym uprzednio przez LEP, Tevatron w Fermilabie oraz obecnie przez CMS. Linia przerywana oraz zielone i żółte pasma pokazują średnią oczekiwaną czułość CMS-u odpowiadającą ilości przeanalizowanych danych.

Wykluczenie nie obejmuje standardowego bozonu Higgsa o masie pomiędzy 115 GeV i 127 GeV . W porównaniu z przewidywaniami Modelu Standardowego w tym zakresie mas występuje niewielka nadwyżka przypadków (patrz Rysunek 2b), pojawiająca się w pięciu niezależnych kanałach.

-
Rysunek 2b: Obszar wykluczenia masy standardowego bozonu Higgsa na poziomie ufności 95% dla $4,7 \text{ fb}^{-1}$ danych ze zderzeń proton-proton zebranych i zatwierdzonych przez CMS w latach 2010 i 2011. Rysunek pokazuje obszar niskich mas.

Zebrana do tej pory próbka danych nie pozwala na rozróżnienie pomiędzy dwiema hipotezami: istnienia lub nie-istnienia sygnału pochodzącego od bozonu Higgsa w rejonie niskich mas. Zaobserwowana nadwyżka przypadków może być fluktuacją statystyczną znanych procesów tła. Fluktuacja taka może wystąpić zarówno w przypadku, gdy bozon Higgsa istnieje, jak i w przypadku, gdy nie ma go w tym

przedziale mas. Większa próbka danych, spodziewana w roku 2012, umożliwi zmniejszenie niepewności statystycznych, co pozwoli nam jasno potwierdzić lub wykluczyć istnienie standardowego bozonu Higgsa w tym przedziale mas.

Obserwowana nadwyżka jest zgodna z hipotezą istnienia standardowego bozonu Higgsa o masie 124 GeV lub mniejszej, jednak jej statystyczna znaczącość jest mniejsza niż 2 odchylenia standardowe (2σ) powyżej poziomu znanego tła, po wzięciu pod uwagę tzw. Efektu Look-Elsewhere [REF: LEE]. Jest to poziom dużo niższy od tradycyjnie uważanego, za taki, który wytrzymuje próbę czasu.

Badając konsekwencje przyjęcia hipotezy, że zaobserwowana nadwyżka przypadków mogłaby być pierwszą wskazówką na istnienie standardowego bozonu Higgsa, można oszacować częstość produkcji ("przekrój czynny" względem Modelu Standardowego, σ/σ_{SM}) dla każdego kanału rozpadu. Wynik pokrywa się z oczekiwaniami, choć obarczony jest dużą niepewnością. Jednakże ze względu na niską znaczącość statystyczną zaobserwowana nadwyżka może równie dobrze być interpretowana jako fluktuacja tła.

Większa próbka danych, którą spodziewamy się zebrać w roku 2012, pozwoli ustalić pochodzenie tej nadwyżki.

Komentarz prof. dra hab. Jana Królikowskiego (FUW), kierownika polskiej grupy CMS

Fizycy Polscy od wielu lat brali udział w konstrukcji obu eksperymentów, a teraz biorą aktywny udział w analizie danych i utrzymywaniu eksperymentów w ruchu. Grupa uczonych z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, Narodowego Centrum Badań Jądrowych oraz z Politechniki Warszawskiej bierze udział w pracach Współpracy CMS od momentu jej powstania w 1991 roku. Grupa warszawska ma istotny wkład w projekt i konstrukcję podzespołów układu wyzwalania, który identyfikuje potencjalnie interesujące zderzenia protonów w LHC. Obecnie fizycy, elektronicy i studenci z Warszawy biorą udział w rutynowych aktywnościach związanych z działaniem tego wielkiego eksperymentu, np. poprzez pracę w centrum sterowania eksperymentem w Cessy, Francja, oraz w analizach danych, włączając w to poszukiwania bozonu Higgsa w kanale rozpadu na dwa leptony tau oraz poszukiwania sygnałów fizyki poza Modelem Standardowym. Obecny i następny rok to bardzo ekscytujący czas dla nas wszystkich, szczególnie, że wielu nas było i jest zaangażowanych w budowę eksperymentu CMS już od ponad 20 lat.

Więcej informacji na temat poszukiwania cząstki Higgsa w eksperymencie CMS można uzyskać od członków warszawskiej grupy CMS, wymienionych [tutaj](#).

Komentarz prof. dr hab. Marii Krawczyk z Instytutu Fizyki Teoretycznej Wydziału Fizyki UW

Fizycy od dawna oczekiwali potwierdzenia doświadczalnego hipotezy o istnieniu lekkiej cząstki Higgsa, z masą poniżej 200 GeV/c², czyli 200 mas protonu. Przekonanie to wynika ze struktury teoretycznej Modelu Standardowego i dotychczasowych pomiarów różnych wielkości fizycznych. Od 21 listopada br. z bezpośrednich pomiarów produktów zderzeń protonów ze sobą w LHC, wiemy, że masa ta zawarta jest między 114 GeV/c² (wykluczenia mniejszych mas dokonał poprzedni zderzacz LEP) a 141 GeV/c². Dzisiejsze dane z LHC jeszcze bardziej zawężają ten obszar do 115-130 GeV/c², z pewnym wskazaniem na masę ok. 125 GeV/c². Cząstka Higgsa jest niezbędnym elementem Modelu Standardowego – wiąże się z mechanizmem generacji mas cząstek oraz reguluje jego działanie w wysokich energiach. Co ciekawe, znalezienie cząstki Higgsa o masie ok. 125 GeV/c² nie zamyka drogi innym modelom – w tym

supersymetrycznym rozszerzeniom Modelu Standardowego. Dalsze precyzyjne pomiary są więc niezbędne.

Model Standardowy to w istocie prawdziwa teoria cząstek elementarnych dla energii dostępnych naszym pomiarom w laboratoriach. Jest to kwantowa teoria pola, która pozwala opisywać procesy annihilacji i kreacji cząstek. Opiera się na opisie oddziaływań elektromagnetycznych, słabych i silnych zachodzących pomiędzy kwarkami i leptonami (takimi jak elektron), uwzględniając ich specyficzne symetrie. Skład fundamentalnych składników materii został ustalony na przełomie wieku. Cząstki przenoszące poszczególne oddziaływania też znamy od dłuższego czasu – są tofoton, bozony W i Z oraz gluony. Otwarte pozostało pytanie – skąd się biorą masy cząstek fundamentalnych? Szczególnie doskwierał tu problem mas bozonów W i Z, gdyż wyjściowa symetria wymaga aby bozony były bezmasowe jak foton i mogły się przemieszczać na duże odległości, co było w pełnej sprzeczności z danymi. Masy bozonów W i Z wynoszą bowiem około 100 mas protonu, a oddziaływania słabe, które przenoszą te cząstki, działają tylko w mikroświecie. Zaproponowany w latach 60-tych XX w. elegancki mechanizm Brouta-Englerta-Higgsa, wykorzystuje zjawisko spontanicznego łamania symetrii znane w innych dziedzinach fizyki i nadaje masy bozonom cechowania nie psując wyjściowej symetrii oddziaływań. Przewidywanym sygnałem tego mechanizmu jest właśnie cząstka (bozon) Higgsa.

Model Standardowy dokładnie określa jak Higgs oddziałuje z innymi cząstkami (tym silniej im są masywniejsze) ale nie przewiduje masy samej cząstki Higgsa - stąd trudności w jego poszukiwaniach.

[Prof. dr hab. Jan Krolikowski \(FUW\) na temat Warszawskiej grupy CMS](#)

[Prof. dr hab. Krzysztof A. Meissner \(NCBJ/FUW\) na temat polskiego udziału w CERN](#)

Przypisy

[REF: FB] <http://news.stanford.edu/news/2004/july21/femtobarn-721.html>

[REF: GEV] Elektronowolt (eV) jest jednostk. energii. W fizyce wysokich energii, gdzie masa i energia często używane są zamiennie, przyjęło się używać jednostek masy eV/c^2 (ze wzoru $E = mc^2$, gdzie c oznacza prędkość światła w próżni). Jeszcze bardziej powszechne jest stosowanie układu jednostek, w którym po przyjęciu $c = 1$ (i w konsekwencji $E = m$), eV staje się również jednostką masy.

[REF: CL] Poziom ufności to statystyczna miara liczby przypadków na 100 prób dających wynik w ustalonym zakresie. Przykładowo, poziom ufności 95% oznacza, że wynik doświadczenia będzie zgodny z oczekiwaniami w 95% przypadków. (źródło: NADbank)

[REF LEE] <http://cms.web.cern.ch/news/should-you-get-excited-your-data-let-look-elsewhere-effect-decide>